

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматики та управління в технічних системах

«На правах рукопису»
УДК _____

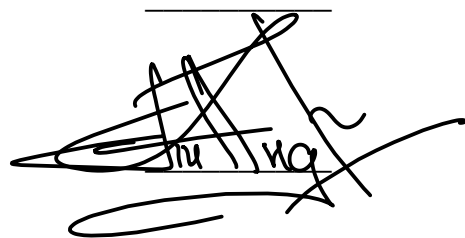
До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Олександр РОЛІК
«__» _____ 20__ р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інтегровані інформаційні системи»
зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»
на тему: «Система керування літаючим роботом-пилососом»**

Виконав :
студент VI курсу, групи ІА-92мп
Швець Андрій Валентинович

Керівник:
Доцент, к.т.н.
Писаренко Андрій Володимирович

Рецензент:
Доцент кафедри ТК, к.т.н
Ткач Михайло Мартинович



Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

(повна назва)

Кафедра автоматики та управління в технічних системах

(повна назва)

Ступінь вищої освіти – другий (магістерський)

(код, назва)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

О. І. РОЛІК
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2020 _р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Швецю Андрію Валентиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Система керування літаючим роботом-пилососом

Науковий керівник дисертації Писаренко Андрій Володимирович, к.т.н., доцент

затверджені наказом по університету від “ ____ ” _____ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації “ ____ ” _____ р.

3. Об'єкт дослідження: система керування роботом з використанням елементів штучного інтелекту.

4. Зміст пояснювальної записки: а) огляд існуючих рішень; б) проекування системи; в) огляд методів розпізнавання; г) стартап-проект;

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Структурна схема системи; Функціональна схема системи; Діаграма класів структури бази даних додатку;

Діаграма прецедентів додатку; Діаграма послідовностей для попередньої обробки кадрів; Діаграма послідовностей для сегментації кадрів; Діаграма послідовностей нейронної мережі, Структурна схема системи розпізнавання.
6. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання “__” ____ 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд і аналіз існуючих рішень		
2	Розробка структурної і функціональної схеми		
3	Алгоритми реалізації нейронної мережі		
4	Досліди по реалізації		
5	Реалізація		
6	Стартап-проект		
7	Оформлення текстової та графічної документації		
8	Представлення до захисту		

Студент

(підпис)

Швець А.В.

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Писаренко А.В.

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” на тему «Система керування літаючим роботом-пилососом». 116 с., 33 рис., 27 таб., 9 додатків, 20 джерел.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є покращення універсальності робота-пилососа за рахунок збільшення можливих зон прибирання через додавання функції короткочасного польоту.

Об’єкт дослідження. Система керування роботом з використанням елементів штучного інтелекту.

Предмет дослідження. Методи аналізу та інтелектуальної обробки даних для забезпечення польоту.

Ключові слова. Давачі, нейронні мережі, машинне навчання, RNN, навчання нейронних мереж, розпізнавання, класифікація, робот-пилосос.

SUMMARY

Master's dissertation of educational qualification level "master" on the topic "Control system for a flying robot vacuum cleaner". 116 pp., 33 figs., 27 tab., 9 appendices, 20 sources.

The purpose and objectives of the study. The purpose of this work is to improve the versatility of the robot vacuum cleaner by increasing the possible cleaning areas by adding the function of short-term flight.

Object of study. Robot control system using elements of artificial intelligence.

Subject of study. Methods of analysis and intelligent data processing to ensure flight.

Keywords. Sensors, neural networks, machine learning, RNN, neural network learning, recognition, classification, robot vacuum cleaner.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ ТА СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	11
1.1. Загальні відомості	11
1.2. Огляд аналогів	11
1.2.1. Xiaomi RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max	11
1.2.2 Samsung VR05R5050WK/EV	13
1.2.3. ROWENTA RR7455WH	15
1.2.4 ECOVACS DEEBOT OZMO 950	16
1.2.5 ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid	18
1.3 Висновки до розділу 1	19
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ	21
2.1. Опис структурної схеми	21
2.2. Опис функціональної схеми	22
2.3. Визначення функцій системи	25
2.4. Визначення вимог до додатку смартфона	25
2.5. Прецеденти додатку смартфона	26
2.5.1 Авторизація	28
2.5.2 Редагування особистої інформації	29
2.5.3 Підключення робота до додатку	29
2.6. Концептуальна діаграма класів структури даних додатку	30
2.7. Опис нейронної мережі для розпізнавання об'єктів	32
2.7.1 Підготовка даних	32
2.7.2 Вилучення ознак	32

2.7.3 Архітектури нейронних мереж	33
2.8. Діаграми послідовностей.....	38
2.8.1 Діаграма послідовностей попередньої обробки кадрів.....	38
2.8.2 Діаграма послідовностей для сегментації зображення	39
2.8.3 Діаграма послідовностей для роботи з нейронною мережею	40
2.9 Висновки до розділу 2	41
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ.....	43
3.1. Вибір технологій та їх обґрунтування	43
3.1.1. Вибір платформи для додатку	43
3.1.2. Вибір мови програмування для додатку.....	44
3.1.3. Вибір мови програмування системи розпізнавання	45
3.1.4. Вибір рішення для серверної частини	46
3.1.5. Вибір допоміжних бібліотек	47
3.2. Основні рішення з реалізації додатку та його компонентів	48
3.2.1. Реалізація і налаштування серверної частини.....	48
3.2.2. Налаштування системи для розпізнавання об'єктів.....	48
3.2.2.1 Набір даних для навчання нейронної мережі.....	49
3.2.2.2 Опис нейронної мережі для розпізнавання об'єктів	49
3.2.2.3 Реалізація нейронної мережі	51
3.2.2.4 Опис програмного коду реалізації нейронної мережі	53
3.2.2.5 Навчання нейронної мережі.....	57
3.2.3. Реалізація графічного інтерфейсу мобільного додатку	58
3.3 Висновки до розділу 3	62
4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	64
4.1. Опис ідеї проекту	64

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту	66
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	67
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	76
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	80
4.6 Висновки до розділу 4	84
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТОК А	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Б	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК В	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Г	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Д	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Е	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Ж	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК К	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Л	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

API	Прикладний програмний інтерфейс
LSTM	Long short-term memory — Довга короткочасна пам'ять
RNN	Recurrent neural network — Рекурентна нейронна мережа
ОС	Операційна система
Скрипт	Мова сценаріїв, для опису коротких дій, які виконуються системою.
Фреймворк	Шаблон готових рішень для полегшення розробки програмного забезпечення.

ВСТУП

На сьогоднішній день все більше людей використовують роботи-пилососи для прибирання своїх домівок. По-перше, це є доволі зручно, оскільки роботи-пилососи можуть самостійно прибирати і повертаються на місце зарядки. По-друге, це економить час, адже поки виконується прибирання, ви можна займатися власними справами. Але виникають такі ситуації, коли робот не може заїхати на килим, або не може подолати поріг. В такій ситуації він виконує прибирання в іншому місці. Для уникнення таких ситуацій потрібні додаткові можливості, щоб подолати перешкоди. Саме для таких ситуацій і потрібна система, що забезпечить можливість польотів.

Отже, метою даної роботи є покращення універсальності робота-пилососа за рахунок збільшення можливих зон прибирання через додавання функції короткочасного польоту.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1. Загальні відомості

Робот – це автоматизований пристрій, який використовується для виконання задач, які раніше виконувалися людиною. У промисловому використанні роботи використовуються, у більшості випадків, для виконання одноманітної роботи, наприклад, для складання деталей, або переміщення великогабаритних вантажів. Такі роботи представлені у вигляді масивних рук, якими, як правило, керують оператори або для них написаний алгоритм роботи, якого вони притримуються. Також керування відбувається при дотриманні вказівок складеним штучним інтелектом.

Також існує окремий вид роботів – це нанороботи. Таку назву їм дали через малі розміри (менше 10нм), що співставно з розміром молекули. Ці роботи широко використовуються у медичних цілях. Декілька років тому вчені винайшли наноробот, який виглядає як дріль і може пробурювати мембрану ракової клітини, що призводить до її загибелі.

1.2. Огляд аналогів

На сьогоднішній день існує велика кількість роботів-пилососів, але жоден із них не забезпечує переліт перешкод. Існує велика кількість виробників, найвідоміші з них це: xiaomi, samsung, rowenta. Розглянемо кожен робот окремо, для виявлення переваг та недоліків, на які варто звернути увагу при розробці власного рішення.

1.2.1. Xiaomi RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max

Робот від компанії Xiaomi, а саме модель RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max (рисунок 1.1). В комплект робота входять док-станція, адаптер живлення, насадка для вологого прибирання з серветкою, водонепроникний килимок.



Рисунок 1.1 – Робот-пилосос Xiaomi RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max[10]

Дана модель має своїй будові найбільше датчиків, які дозволяють роботу виконувати комфортне прибирання, а саме: адаптацію під тип поверхні; бар'єр (обмежувач площі); перепад висоти (від падіння зі сходів); зіткнення, датчик забруднення. Також ця модель може виконувати вологе і сухе прибирання. Для вологого прибирання в роботі розміщений резервуар для води. Дана модель може долати висоту порогів до 20 мм, що для роботів є хорошим показником. Потужність двигуна становить 58 Вт, і вона може змінюватися в залежності від типу покриття і програми прибирання, яка була вибрана. Потужність всмоктування становить 2000 Па, і також може змінюватися. Дана модель робота може виконувати прибирання по ворсистому килиму, кахлі, ковроліну, ламінату, лінолеуму, паркету. Об'єм резервуара для води становить 0,29 л. Для автономності робота використовується Li-Ion акумулятор ємністю 5200 мАг. Зарядка виконується від док-станції, яка оснащена двома пружинними клемми, які подають струм на відповідні клеми робота-пилососа. Максимальний час

роботи становить 150 хв. Коли рівень акумулятора становить менше 20%, робот під'їжджає до док станції і заряджається. Коли рівень заряду становить більше 80%, пилосос продовжує прибирання. Час повної зарядки дорівнює 6 год. На одному заряді батареї робот може прибрати площу кімнати до 250 м². Об'єм пилозбірника становить 0,46 л. Рівень шуму є доволі не великий і дорівнює 58 дБ. Керування роботом відбувається двома способами: за допомогою кнопки на корпусі пристрою, а також за допомогою смартфона, в якому потрібно завантажити програму для зв'язку з роботом.

Переваги робот-пилососа XIAOMI RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max:

- велика ємність акумулятора;
- низький рівень шуму;
- велика кількість датчиків;
- автономність роботи.

Недоліки:

- низька висота подолання порогів.

1.2.2 Samsung VR05R5050WK/EV

Робот від компанії Samsung VR05R5050WK/EV (рисунок 1.2) може виконувати прибирання двох типів, вологе та сухе. Керування роботом відбувається за допомогою кнопки на корпусі робота, через телефон зі спеціальним додатком або за допомогою пульта, який входить в комплект. За допомогою смартфона можна вибрати режим руху, встановлення на заряджання, розклад прибирання, потужність всмоктування, потужність подання води, а також встановлення розкладу прибирання. Дана модель може виконувати прибирання на різних типах покриття, а саме по лінолеуму, паркету/ламініату, плитці, ковроліну. Для цього наявні різноманітні режими прибирання, такі як: Zigzag, автоматична, ручна, пляма, Edge Mode, Standard, Eco, прибирання за розкладом. Датчики, адаптації під тип поверхні, перепаду висоти (від падіння зі сходів), зіткнення, допомагають роботу пристосуватися

до місцевості для безпечного та швидкого прибирання. Об'єм пилозбірника становить 0,2 л. Живлення робота відбувається через Li-Ion акумулятор ємністю 3400 мАг.



Рисунок 1.2 – Робот-пилосос Samsung VR05R5050WK/EV[11]

Час зарядки становить 4 год, і відбувається за допомогою док-станції, на якій розташовані контактні площадки, через які і подається струм. Максимальний час роботи становить 150 хв і може прибрати кімнату площею до 60 м². Прибирання відбувається за допомогою двох бічних щіток, ширина зони прибирання дорівнює 160 мм, а швидкість робота в даному режимі становить 32 см/сек. В комплекті до даної моделі входять також щітка з м'яким валиком, насадка з мікрофібри для вологого прибирання, бічні щітки. Рівень дещо вищий ніж в описаній вище моделі і дорівнює 77 дБ.

Переваги робота Samsung VR05R5050WK/EV:

- висока швидкість прибирання;
- наявність двох бічних щіток;
- велика кількість режимів прибирання.

Недоліки:

- малий об'єм пилозбірника;
- високий рівень шуму.

1.2.3. ROWENTA RR7455WH



Рисунок 1.3 – Робот-пилосос ROWENTA RR7455WH[12]

Робот ROWENTA RR7455WH (рисунок 1.3) має декілька режимів прибирання: вологе і сухе. Керування відбувається через додаток на смартфоні, який з'єднується з роботом за допомогою Bluetooth, також за допомогою кнопки на корпусі робота. Через смартфон можна побачити журнал прибирань, контроль зношування аксесуарів, площу останнього прибирання і час останнього прибирання. Також за допомогою смартфона можна вибрати режим прибирання, встановлення на заряджання, розклад прибирання і регулювати потужність всмоктування. Даний робот може виконувати прибирання на лінолеумі, паркеті, ламінаті і плитці. До будови даної моделі

входять датчики перепаду висоти, які попереджують падіння робота зі сходів, а також датчики зіткнення. Для кращого виконання прибирання робот має дві бічні щітки, які розташовані попереду корпусу. Об'єм пилозбірника дорівнює 0,36 л. Об'єм контейнера для води становить 110 мл, подача води виконується автоматично. Живлення робота відбувається через Li-Ion акумулятор. Повний час зарядки дорівнює 5 год, максимальний час роботи становить 90 хв, максимальна площа кімнати для прибирання становить 80м². Зарядка виконується за допомогою док-станції, яка йде в комплекті, через пружинні площадки на корпусі робота та док-станції. Рівень шуму робота під час прибирання дорівнює 65 дБ, що для даної моделі є хорошим показником.

Переваги робота ROWENTA RR7455WH:

- наявність двох бічних щіток;
- велика кількість режимів прибирання;
- достатньо великий об'єм пилозбірника;
- доволі малий рівень шуму під час прибирання.

Недоліки:

- мала автономність роботи.

1.2.4 ECOVACS DEEBOT OZMO 950

Модель робота ECOVACS DEEBOT OZMO 950 (рисунок 1.4) може виконувати сухе і вологе прибирання одночасно. Об'єм контейнера для води становить 240 мл. Даний робот може виконувати прибирання по килиму з високим ворсом, килиму з низьким ворсом, ковроліну, ламінату, лінолеуму, паркету і плитки. Керування роботом відбувається за допомогою смартфона і через кнопки на корпусі робота. Через смартфон можна вибирати режим руху, територію/кімнату для прибирання, встановлювати віртуальні стіни, встановлювати робота на заряджання, розклад прибирання, потужність всмоктування, потужність подавання води.



Рисунок 1.4 – Робот-пилосос ECOVACS DEEBOT OZMO 950 [13]

Також за допомогою додатку можна дивитися журнал прибирань, зношування аксесуарів, площу останнього прибирання, рух робота на мапі, час останнього прибирання. Висота подолання порогів становить 20 мм. В будові робота є багато датчиків, які забезпечують безпеку на сходах, посилення потужності на килимах, виявлення перешкод, уникнення килимів під час вологого прибирання. Також дана модель може повертатися на базу з будь-якої кімнати, продовжувати прибирання після зарядження, а також виконує голосові звіти. Максимальний час роботи становить 200 хв і може прибрати кімнату площею до 170 м². Таку автономність забезпечує Lit-ion акумулятор ємністю 5200 мАг. Час зарядження такого акумулятора становить 5 год. Об'єм бака для сміття становить 450 мл. Потужність всмоктування дорівнює 1500 Па, з можливістю зміни відповідно до вибраної програми прибирання. Швидкість прибирання становить 0,3 м²/хв. Рівень шуму дорівнює 66 дБ.

Переваги робота ECOVACS DEEBOT OZMO 950:

- наявність двох бічних щіток;
- велика кількість режимів прибирання;
- достатньо великий об'єм пилозбірника;
- висока автономність роботи робота.

Недоліки:

- низький рівень подолання порогів.

1.2.5 ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid



Рисунок 1.5 – Робот-пилосос ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid [14]

Робот ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid (рисунок 1.5) здатний виконувати сухе і вологе прибирання по черзі. Може виконувати прибирання по килиму з низьким ворсом, ковроліну, ламінату, лінолеуму, паркету і плитки. Завдяки великій кількості датчиків, які входять в будову робота, він забезпечує безпеку на сходах, посилює потужність на килимах, продовжує прибирання після підзарядження. Керування роботом відбувається за допомогою смартфона за допомогою спеціального додатку, який дозволяє встановлювати на зарядження, встановлювати розклад прибирання, регулювати потужність всмоктування, старт/стоп автоматичного прибирання, керувати траєкторією прибирання, вибирати один з чотирьох режимів прибирання, виконувати пошук пилососа, налаштовувати сімейний доступ, а також можна перевіряти стан і

рівень заряду акумулятора, журнал прибирання і переглядати поради щодо вологого прибирання. Прибирання виконується за допомогою двох бічних щіток, а також насадки, яка виконує пряме всмоктування, для виконання вологого прибирання використовується підлогонатирач з крапельним поданням води. Максимальна потужність всмоктування становить 2000 Па. Об'єм бака для сміття дорівнює 450 мл. Дана модель здатна долати пороги висотою до 16 мм. Для забезпечення роботи робота використовується Li-Ion акумулятор ємністю 2600 мАг. Час заряджання такого акумулятора від док-станції становить 5-6 год. Максимальний час прибирання на одному заряді становить 90 хв, максимальна площа прибирання становить 60 м². Рівень шуму під час прибирання є невеликий і дорівнює 55 дБ.

Переваги робот-пилососа ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid:

- велика кількість функцій для керування роботом зі смартфона;
- низький рівень шуму;
- велика кількість датчиків.

Недоліки:

- низька висота подолання порогів;
- мала ємність акумулятора.

1.3 Висновки до розділу 1

Був проведений огляд існуючих роботів-пилососів, які є на даний момент найбільш популярним. Оглянуті моделі за своєю структурою є досить схожими, але кожен з них має невеликі відмінності, які дозволяють ним створювати конкуренцію на ринку. Варто зазначити, що дані роботи мають як свої переваги, так і недоліки.

Всіма моделями роботів, які були розглянуті, керування відбувається з мобільних додатків. Роботи з'єднуються з телефоном за допомогою Bluetooth, і виконують спілкування між інтерфейсом користувача телефона і системою керування роботом.

До основних недоліків вже існуючих роботів можна віднести:

- у всіх розглянутих моделях висота подолання порогу є невеликою, близько 16-20 мм, що становить незручності під час виконання прибирання;
- низька автономність роботи робота, адже цей показник при використанні є доволі суттєвим;
- високий шум роботи робота під час прибирання і його переміщенні по кімнаті.

Проаналізувавши існуючі рішення та їх можливості, переваги та недоліки, можна висунути такі критерії, на які треба зважити у процесі розробки власної системи:

- система повинна бути автоматизованою, тобто користувач повинен вибрати режим прибирання і робот за запрограмованим алгоритмом, а також даним з датчиків виконує прибирання;
- система повинна розпізнавати об'єкти за допомогою LiDAR сканерів, а також камери;
- система повинна скласти карту кімнати по точкам отриманих з датчиків, для точного переміщення по кімнаті;
- для виконання переміщення в повітрі використовувати пропелери, які будуть розташовуватися по периметру корпусу, для руху по підлозі – колеса.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

2.1. Опис структурної схеми

В роботі була розроблена структурна схема системи керування літаючим роботом-пилососом, яка представлена на кресленику (додаток А).

На схемі зображено основні компоненти з яких складається система. Центральним блоком на схемі є МК – мікроконтролер, на якому відбуваються обчислення, приймання даних з датчиків і передача сигналів на виконавчі пристрої.

Блок датчиків перешкод призначений для зчитування даних про перешкоди, які зустрічаються під час руху робота по кімнаті, а також для зчитування перепаду висоти, що є необхідним для того, щоб робот не впав з висоти. Далі ці дані передаються на мікроконтролер, який виконує подальші обчислення з ними.

Для визначення висоти перешкоди і побудови детальної карти кімнати використовується блок датчиків LiDAR, дані з яких передаються на мікроконтролер. Мікроконтролер, в свою чергу, виконує обчислення на основі зібраних даних і передає відповідні сигнали на драйвери моторів.

Блок драйверів моторів керування рухом відповідає за перетворення сигналу з мікроконтролера в сигнал керування двигуном. Дані драйвери можуть змінювати швидкість обертання двигуна, а також напрямок його руху.

Для забезпечення руху робота буде використовуватися блок двигунів руху. Для побудови карти кімнати застосована відеокамера. За допомогою неї будуть розпізнаватися об'єкти, які розташовані в кімнаті і будуватися подальший алгоритм роботи системи.

Для зв'язку з навколишнім світом використовується Bluetooth і Wi-Fi адаптери. Bluetooth адаптер в даній системі призначений для зв'язку робота з додатком смартфона. Для того, щоб можна було оновлювати прошивку системи

використовується Wi-Fi адаптер. Також він необхідний для того, щоб полегшити розпізнавання об'єктів за допомогою хмарних обчислень.

Також мікроконтролер подає керуючий сигнал на блок драйверів двигунів, які призначені для прибирання кімнати. Цей блок також може змінювати швидкість обертів моторів. Блок моторів для прибирання буде складатися з моторів на яких прикріплені щітки, для захоплення сміття. Також для прибирання використовується всмоктувальний мотор, який керується за допомогою мікроконтролера.

Для забезпечення можливості польоту потрібно перетворити сигнал який поступає з мікроконтролера в керуючий сигнал. Для цього призначений блок драйверів двигунів для польоту. Даний блок може змінювати швидкість обертів пропелерів і передає керуючий сигнал на двигуни пропелерів. Також для визначення положення робота в просторі використовується датчик положення в просторі. Даний датчик допомагає системі визначити в який бік нахилений робот і в залежності від кута нахилу визначається подальший процес польоту.

2.2. Опис функціональної схеми

На основі структурної схеми було розроблено функціональну схему, яка більш детально описує роботу даної системи. Дана схема зображена в додатку Б.

Центральний процесор – це елемент, який керує всіма процесами, які відбуваються в системі. На нього передаються дані з датчиків, проводяться обчислення. Після виконання обчислень складається алгоритм наступних дій і передається керуючий сигнал на відповідні драйвери.

Датчики перешкод призначені для виявлення перешкод, коли робот не може здійснювати політ. А також для визначення перепаду висоти. Даний датчик з'єднується з центральним процесором за допомогою інтерфейсу UART.

UART – це інтерфейс, який використовується для з'єднання цифрових пристроїв. Дані в такому інтерфейсі передаються послідовно по одному біту в рівні проміжки часу. Також в інтерфейсі використовуються стартові і стопові біти, які використовуються для синхронізації, але при отриманні даних на пристроях, ці біти видаляються. Такі біти займають зазвичай 8 біт пам'яті [18, 19]. Підключення UART здійснюється за трьома лініями: RXD – прийом, TXD – передача і GND – загальний (мінус). Логічні рівні у інтерфейсу 0 та +5 В [20].

Датчики перешкод мають два головні елементи, які визначають відстань до об'єкта – лазер, який випускає промінь, який відбивається від перешкоди і повертається назад, і приймач, який приймає відбитий промінь і в залежності від цього часу визначається відстань до об'єкту.

Давачі Lidar підключаються до центрального процесору також за допомогою інтерфейсу UART. В загальному понятті технологія лідар являє собою технологію для отримання і обробки інформації про віддалені об'єкти. Це відбувається за допомогою активних оптичних систем, які використовують відбиття світла і його розсіювання в прозорих і напівпрозорих середовищах. Дану технологію використовують для дослідження атмосфери, складання карт місцевості. До складу датчика лідар входять багато елементів, але найголовнішими є джерело світла (світлодіод, лазер і т.д.), яке випускає промінь, оптичний елемент, який зчитує як світло розповсюджується по місцевості і контролер, який перетворює отримані результати в точки і будує певну карту.

Датчик положення в просторі слугує для отримання даних про нахил робота в просторі. В своїй будові має вбудований акселерометр, який здатний вимірювати прискорення або перевантаження. Акселерометри широко використовуються в смартфонах, завдяки ним зображення, здатні змінювати орієнтацію. Даний давач також підключається до центрального процесора за допомогою інтерфейсу UART.

Для підключення блоку відеокамери використовується інтерфейс Ethernet. Даний інтерфейс вважається одним з найшвидших у передачі даних і

є сімейством протоколів стандарту IEEE 802.3. Цей інтерфейс широко використовується для різноманітних мереж і працює на швидкостях від 10 Мбіт/с до 10 Гбіт/с. Дані отриманні з камери будуть використовуватися для додаткового розпізнавання об'єктів, що дозволить більш детально скласти алгоритм роботи системи.

Для зв'язку з навколишнім світом використовуються Bluetooth і Wi-Fi модулі. Bluetooth модуль в даній системі призначений для зв'язку робота з додатком смартфона. Він з'єднується з процесором за допомогою інтерфейсу UART. Для того, щоб можна було оновлювати прошивку системи використовується Wi-Fi модуль. Також він необхідний для того, щоб полегшити розпізнавання об'єктів за допомогою хмарних обчислень. Для з'єднання даного модуля з процесором використовується інтерфейс UART.

Для забезпечення пересування робота по кімнаті використовуються двигуни руху. Але для того, щоб можна було ними керувати потрібен драйвер. Драйвер рухе необхідний для зміни швидкості обертів моторів, а також для зміни напрямку руху моторів, адже коли робот виконує поворот необхідно, щоб один з моторів обертався з більшою швидкістю ніж інший. Драйвер підключається до процесора за допомогою інтерфейсу UART. На рисунку 2.1 зображене підключення блоку двигунів руху, а також їх драйверів.

Для забезпечення прибирання використовуються двигуни, на яких будуть закріплені щітки для захоплення сміття. Для керування двигунами використовуються драйвери, які керують швидкістю обертання двигуна. Драйвери підключаються до контролера за допомогою інтерфейсу UART.

Для здійснення прибирання використовується всмоктувальний двигун, який буде збирати сміття в сміттєвий резервуар.

Для здійснення польоту використовуються три мотори з пропелерами, які приводяться в рух за допомогою драйверів, з'єднаних з контролером за допомогою інтерфейсу UART.

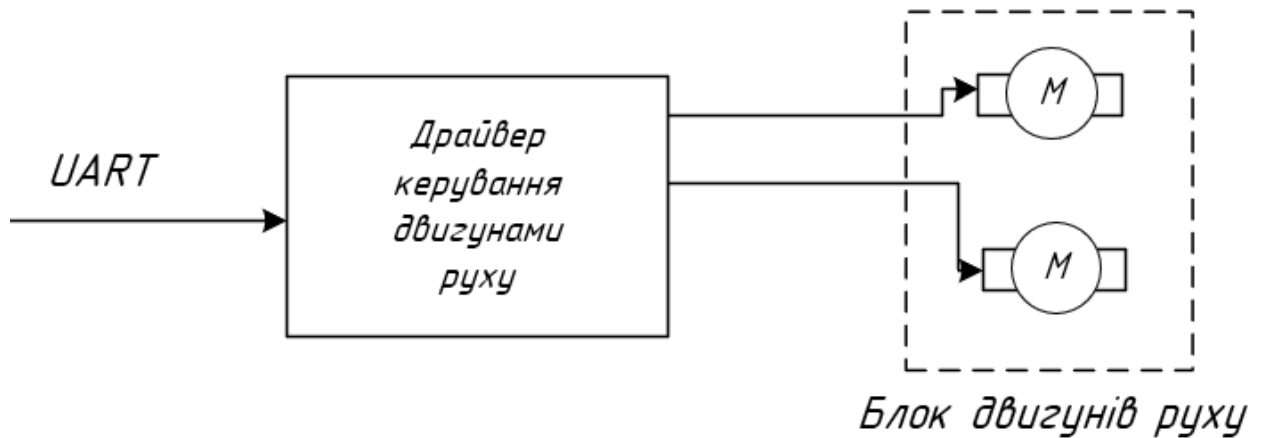


Рисунок 2.1 – Блок драйвера керування двигунами руху і блок двигунів руху

2.3. Визначення функцій системи

Основні функції системи:

- зчитування даних з датчиків;
- побудова карти кімнати;
- розпізнавання об'єктів;
- побудова алгоритму дій робота;
- виконання перельоту перешкод;
- з'єднання системи зі смартфоном користувача;
- з'єднання системи з мережею за допомогою Wi-Fi модуля, для оновлення прошивки системи.

В рамках магістерської дисертації розроблено функцію розпізнавання об'єктів і відображення результату на екрані смартфона.

2.4. Визначення вимог до додатку смартфону

Основні функції додатку:

- реєстрація користувача;
- з'єднання додатку з системою робота;
- з'єднання системи робота з мережею;

- вибір режиму прибирання;
- перевірка наявності оновлення прошивки;
- перегляд стану прибирання робота;
- перегляд статистики системи.

Основні вимоги до додатку:

- зрозумілий і зручний інтерфейс;
- кросплатформний додаток і адаптивна верстка.

2.5. Прецеденти додатку смартфону

Після опису функцій, які реалізовані в додатку смартфону, детально розписується взаємодія додатку з системою та діаграму варіантів використання. На рисунку 2.2 зображена діаграма прецедентів високого рівня. На ній зображені можливі дії користувачів, конкретизовані за рахунок деталей. Детальніша ієрархія прецедентів зображена на рисунках 2.3, 2.4.

У магістерській дисертації були детально розглянуті прецеденти:

- авторизація;
- редагування особистої інформації;
- підключення робота до додатку.

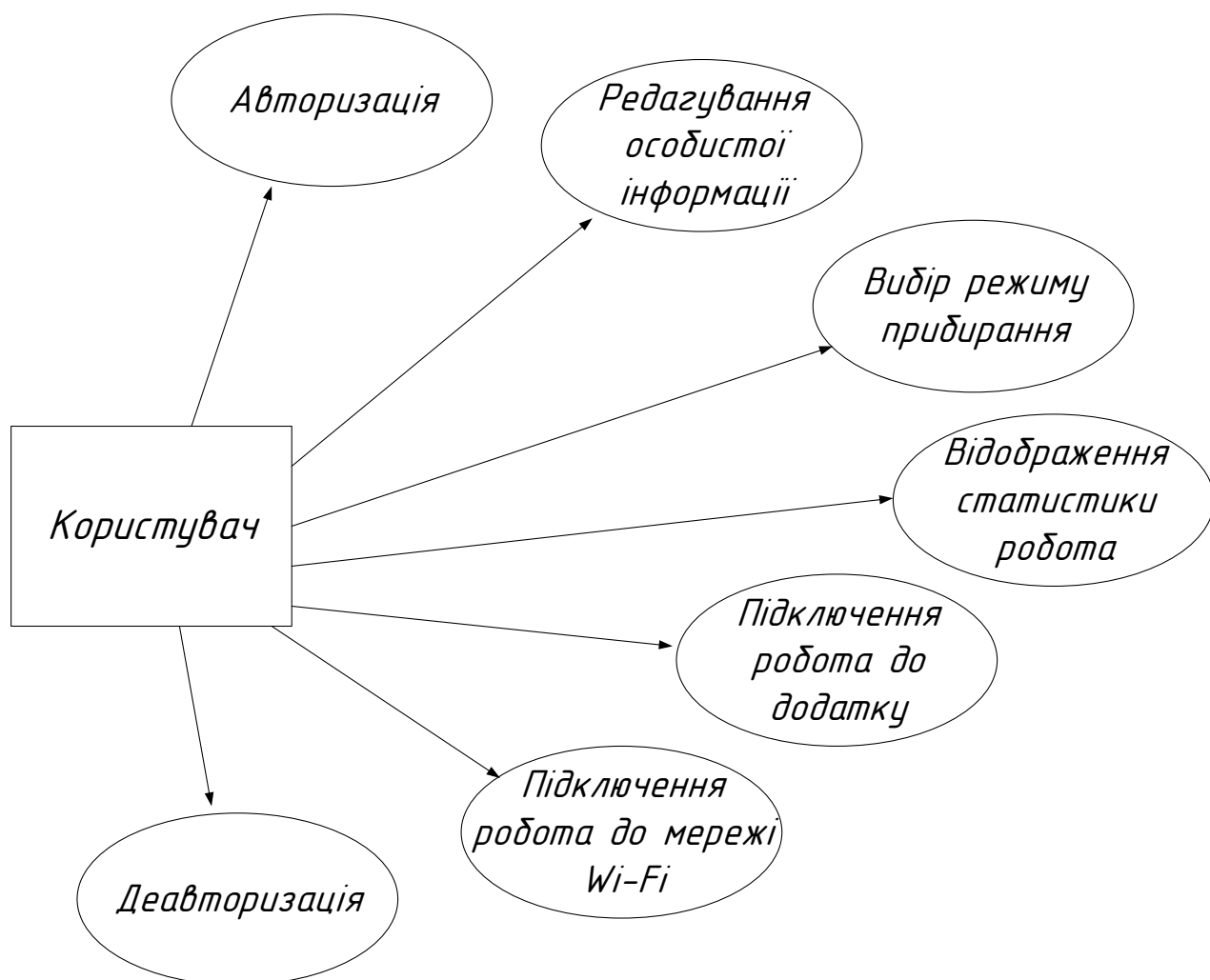


Рисунок 2.2 – Діаграма прецедентів додатку

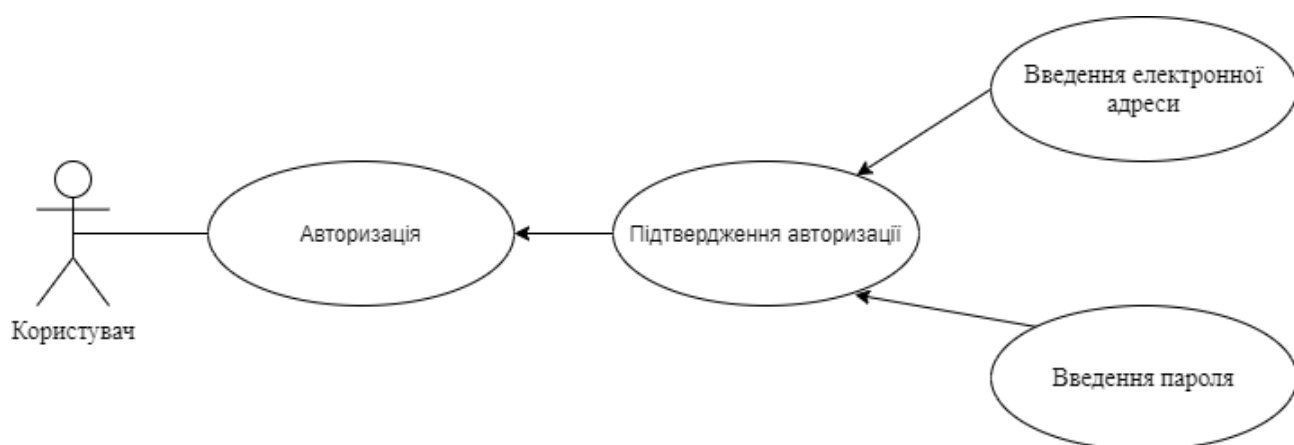


Рисунок 2.3 – Ієрархія прецеденту «Авторизація»

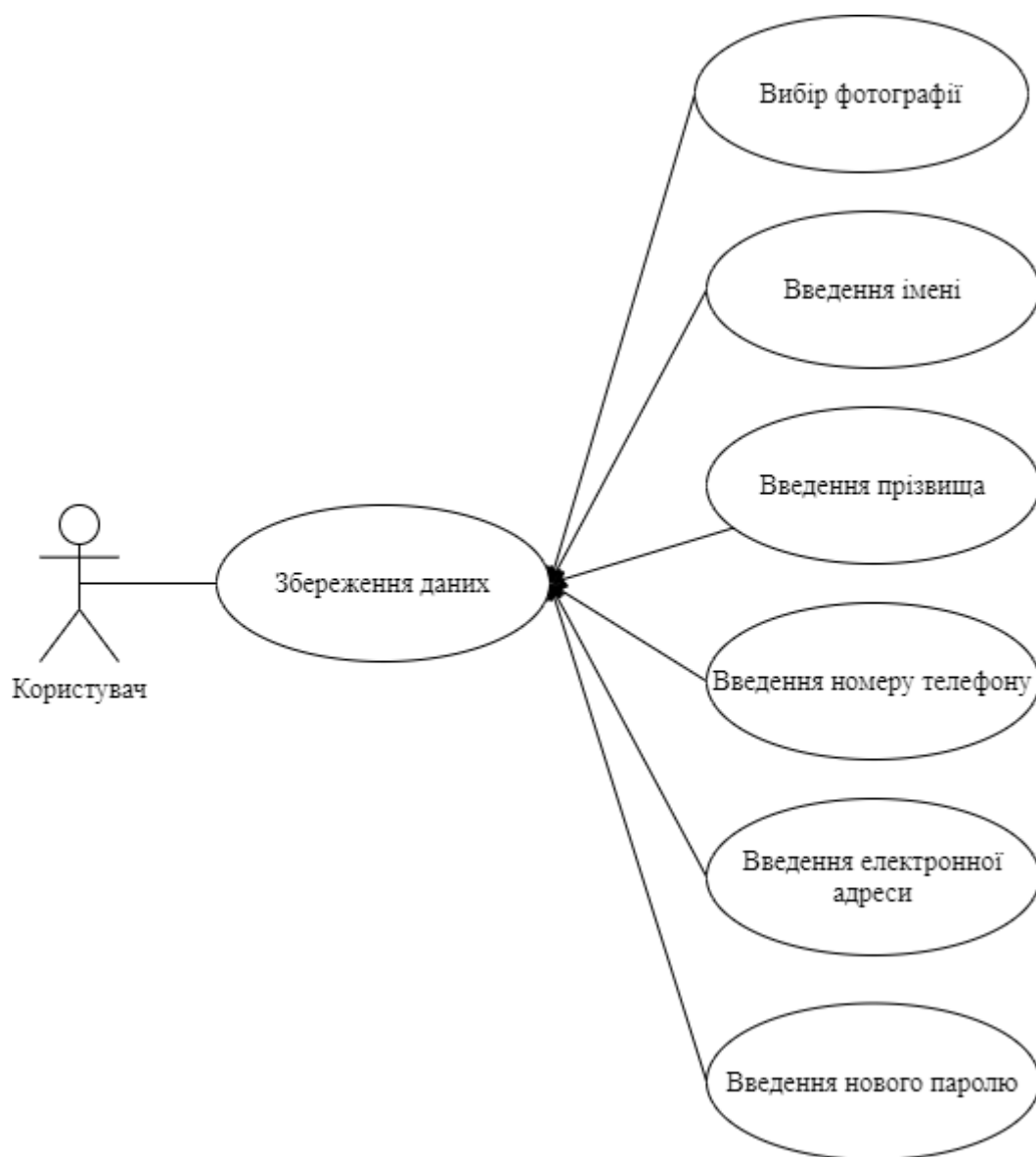


Рисунок 2.4 – Ієрархія прецеденту «Редагування особистої інформації»

2.5.1 Авторизація

Цей прецедент є однією з головних дій в додатку, адже допоможе розробникам відслідковувати помилки системи при її поломці.

Таблиця 2.1 – Опис прецеденту «Авторизація нового користувача»

Дії користувача	Відповідь системи
1. Користувач вводить електрону адресу, номер телефону, й пароль та натискає кнопку «Реєстрація»	2. Система створює новий профіль користувача, присвоює користувачу токен та просить увійти в систему
3. Користувач вводить номер телефону або електрону адресу і пароль та натискає кнопку «Ввійти»	4. Система перевіряє чи існує такий користувач, виконує вхід в систему, та переходить на першу сторінку додатку

2.5.2 Редагування особистої інформації

Даний прецедент виконується тільки для авторизованого користувача, в наслідок чого користувач змінює свою особисту інформацію.

Таблиця 2.2 – Опис прецеденту «Редагування особистої інформації»

Дії користувача	Відповідь системи
1. Користувач змінює електрону адресу, номер телефону, фото профілю й пароль та натискає кнопку «Зберегти»	2. Система перевіряє коректність введених даних після чого оновлює дані в базі даних

2.5.3 Підключення робота до додатку

Даний прецедент є одним з основних, оскільки завдяки підключенню до додатку можна виконувати керування системою, перевіряти стан робота, переглядати статистику, перевіряти наявність оновлень для даної системи. Даний прецедент має два сценарії розвитку, в залежності від того чи увімкнений Bluetooth на смартфоні, чи ні:

- підключення до робота при увімкненому Bluetooth. Опис даного варіанту наведений в таблиці 2.3;

- підключення до робота при вимкненому Bluetooth. Опис даного варіанту наведений в таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Опис прецеденту «Підключення до робота при увімкненому Bluetooth»

Дії користувача	Відповідь системи
1. Користувач натискає кнопку «Знайти пристрій»	2. Система шукає доступні пристрої поблизу і повертає список доступних пристроїв
3. Користувач вибирає свій пристрій з списку і натискає з'єднатись	4. Система створює пару з додатком і підключає його до робота

Таблиця 2.4 – Опис прецеденту «Підключення до робота при вимкненому Bluetooth»

Дії користувача	Відповідь системи
	1. Система перевіряє чи увімкнений Bluetooth, якщо вимкнений, просить його увімкнути
2. Користувач натискає кнопку «Знайти пристрій»	3. Система шукає доступні пристрої поблизу і повертає список доступних пристроїв
4. Користувач вибирає свій пристрій з списку і натискає з'єднатись	5. Система створює пару з додатком і підключає його до робота

2.6. Концептуальна діаграма класів структури даних додатку

Діаграма показує структуру бази даних. Вона представлена у вигляді взаємозв'язку між моделями, на основі яких побудовані таблиці у базі даних та зображена на рисунку 2.5.

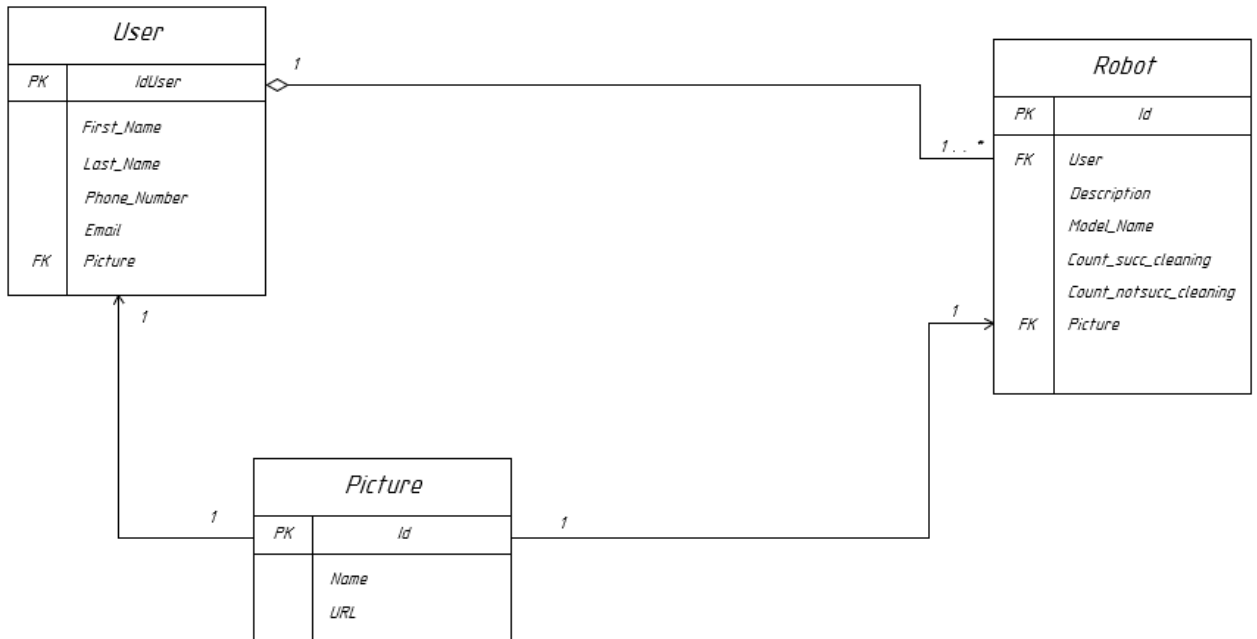


Рисунок 2.5 – Концептуальна діаграма класів додатку

База даних складається з трьох таблиць, кожна з яких має атрибути з інформацією.

Таблиця «User» використовується для збереження інформації про користувача і має в своїй будові атрибути «IdUser», «First_Name», «Last_Name», «Phone_Number», «Email» та «Picture». «IdUser» – це унікальне значення, яке дається кожному користувачеві в момент створення профілю. «First_Name» і «Last_Name» використовуються для збереження імені та прізвища користувача в форматі строки. «Phone_Number» це строковий формат номеру телефону, який обов’язково зберігається разом з кодом країни.

Таблиця «Robot» напряду залежить від «User» і з’єднана типом зв’язку One to Many, що означає до користувач може мати будь-яку кількість роботів. Ця сутність має атрибути «Id», який є унікальним для кожної моделі, «Description», де описуються характеристики моделі, загальна інформація про модель, «Count_succ_cleaning» та «Count_notsucc_cleaning» використовуються відповідно для підрахунку відповідно кількості вдалих і невдалих прибирань.

Сутність «Picture» використовується для збереження та відображення фото користувача, а також для відображення фото моделі робота. Має атрибути

«Id», «Name», «URL». «Name» це назва фотографії, «URL» це шлях, за допомогою якого можна отримати фото.

2.7. Опис нейронної мережі для розпізнавання об'єктів

Систему розпізнавання об'єктів можна поділити на декілька складових: підготовка даних, вилучення ознак, класифікація. Далі детальніше розглянемо підготовку даних і вилучення ознак, а також проведемо дослідження відомих типів нейронних мереж.

2.7.1 Підготовка даних

На даному етапі формують набір даних, який складається зі всіх даних, які потрібні для навчання нейронної мережі. В наборах дані розділенні по певним признакам та кожному екземпляру присвоєно певний результат, який очікує отримати розробник після розпізнавання об'єктів. Це робиться для того щоб нейронна мережа на основі результатів розпізнавання могла змінювати коефіцієнти ваг нейтронів.

Після збору даних в один файл потрібно поділити їх на два окремі набори. Один потрібен для навчання, а інший – для проведення тестування навченої нейронної мережі.

2.7.2 Вилучення ознак

Вилучення ознак – це процес зменшення розмірності, за допомогою якого початковий набір вихідних даних зводиться до більш керованих груп для обробки. Процес вилучення ознак необхідний для зменшення кількості ресурсів які необхідні для обробки. Вилучення ознак також може зменшити кількість надлишкових даних для аналізу. Крім того, зменшення даних та зусиль машини у створенні функцій сприяють швидкості навчання та узагальнення в процесі машинного навчання.

2.7.3 Архітектури нейронних мереж

Нижче розглянуто основні типи моделей нейронних мереж, які використовуються для розпізнавання.

Перцептрон. Модель була розроблена в 1960 році Френком Розенблатом і була використана в архітектурі комп'ютера «Марк-1». Комп'ютер вважається першим нейрокомп'ютером. Основною задачею моделі вважається лінійне розділення довільних нелінійних множин. На рисунку 2.6 зображено схематичний вид простого перцептрона. До складу перцептрона входять три основні типи елементів, а саме: S-елемент, А-елемент і R-елементу[8]. Далі розглянемо кожний детальніше.

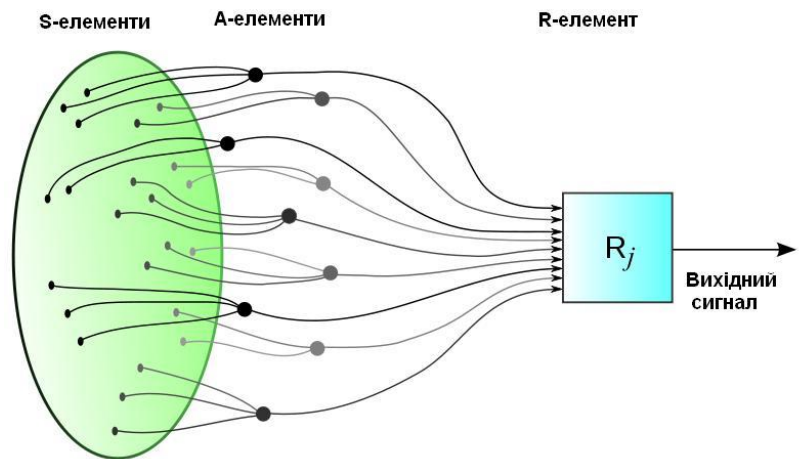


Рисунок 2.6 – Схематичний вид простого перцептрона[15]

S-елементи – це елементи сенсорів, давачів. Елементи можуть перебувати в стані спокою та збудження. В стані спокою від них передається логічний нуль і він ніяк не може впливати на наступний шар, в стані збудження передається одиничний сигнал асоціативним елементам.

Наступний шар або елемент це А-елемент. Елементи називають асоціативними і в них присутній деякий набір S-елементів[8]. Для запуску елементу потрібно, щоб кількість сигналів на вході перевищувало певну величину. Сигнали від активних асоціативних елементів передаються на

суматор R . Сигнал який передається має свій коефіцієнт і називається вагою зв'язку.

Суматор R також підраховує суму значень вхідних сигналів. Персептрон можна описати функцією $\text{sign}[8]$. Нижче наведена формула, яка реалізує суматор:

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta) \quad (2.1)$$

Рекурентні нейронні мережі – це тип штучної нейронної мережі, яка використовує послідовні дані або дані часових рядів. Цей алгоритм глибокого навчання зазвичай використовуються для порядкових або часових проблем, таких як переклад мови, обробка природної мови, розпізнавання мови та для генерації субтитрів до зображень; він включений в такі популярні програми, як Siri, голосовий пошук та Google Translate. Як і прямі та згорткові нейронні мережі (CNN), рекурентні нейронні мережі використовують навчальні дані для навчання. Вони відрізняються своєю «пам'яттю», оскільки інформація береться з попередніх входів, щоб впливає на поточний вхід і вихід. У той час як традиційні глибинні нейронні мережі припускають, що входи та виходи не залежать один від одного, вихід повторюваних нейронних мереж залежить від попередніх елементів у послідовності.

Нейронні мережі, що повторюються, використовують алгоритм зворотного розповсюдження через час (ВРТТ) для визначення градієнтів, який дещо відрізняється від традиційного зворотного поширення, оскільки є специфічним для даних послідовностей. Принципи ВРТТ такі ж, як традиційне зворотне розповсюдження, коли модель тренується сама, обчислюючи помилки від вхідного рівня до вихідного рівня. Ці розрахунки дозволяють нам правильно відрегулювати та підігнати параметри моделі. ВРТТ відрізняється від традиційного підходу тим, що ВРТТ підсумовує помилки на кожному часовому кроці, тоді як мережі прямого пересилання не потребують підсумовування помилок, оскільки вони не ділять параметри на кожному рівні[5].

Завдяки цьому процесу RNN, як правило, стикається з двома проблемами, відомими як вибухові градієнти та зникаючі градієнти. Ці проблеми визначаються розміром градієнта, який є нахилом функції втрат уздовж кривої помилки. Коли градієнт занадто малий, він продовжує зменшуватися, оновлюючи вагові параметри, доки вони не стануть незначними - тобто 0. Коли це трапляється, алгоритм вже не вивчається. Вибухові градієнти виникають, коли градієнт занадто великий, створюючи нестабільну модель. У цьому випадку ваги моделі зростуть занадто великими, і вони врешті-решт будуть представлені як NaN. Одним із вирішень цих питань є зменшення кількості прихованих шарів у нейронній мережі, усуваючи деякі складності в моделі RNN[5].

Вхідні та вихідні дані мережі можуть відрізнятися за довжиною, і різні типи RNN використовуються для різних випадків використання, таких як генерація музики, класифікація настроїв та машинний переклад. Різні типи RNN зображені на рисунках 2.7 – 2.10:

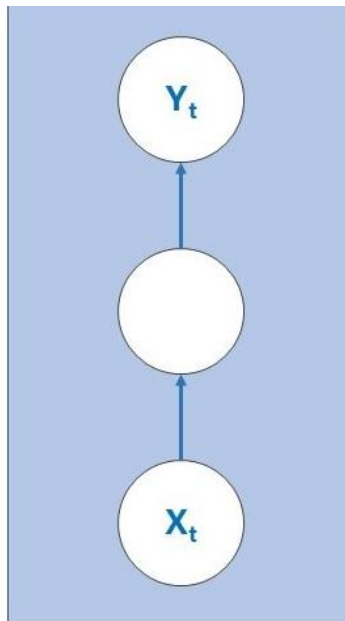


Рисунок 2.7 – Тип мережі «Один до одного»[16]

Тип має один вхід і один вихід. На рисунку 2.11 зображений тип «один до багатьох». Тип характерний тим, що вхід представлений у виді однієї вершини,

яка в результаті розгалужень зв'язку на виході отримує декілька вершин виходу.

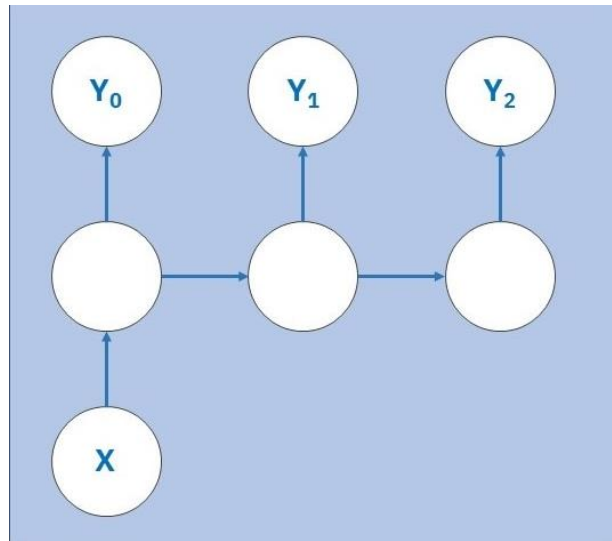


Рисунок 2.8 – Тип мережі «Один до багатьох»[16]

Типи «багато до одного» і «багато до багатьох» є доволі схожими, адже на їх вході розташовано багато графів входу, а на виході, в одному випадку один граф, в іншому багато графів. На рисунках 2.12, 2.13 вони зображені.

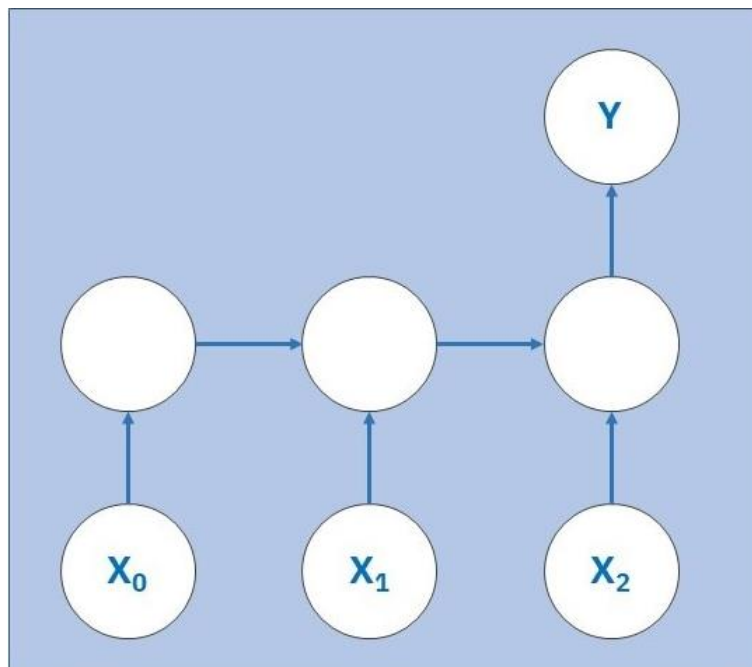


Рисунок 2.9 – Тип мережі «Багато до одного»[16]

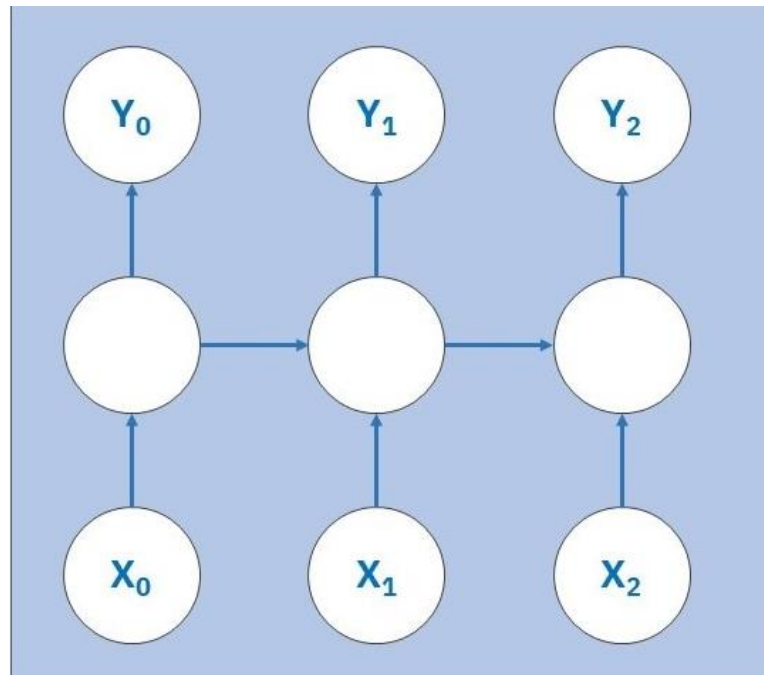


Рисунок 2.10 – Тип мережі «Багато до багатьох»[16]

Двонаправлені рекурентні нейронні мережі (BRNN): це варіант архітектури мережі RNN. У той час як односпрямовані RNN можуть витягуватись лише з попередніх входів для прогнозування поточного стану, двонаправлені RNN втягують майбутні дані для підвищення їх точності.

Довга короткочасна пам'ять (LSTM) : Це популярна архітектура RNN, яку представили Сепп Хохрейтер та Юрген Шмідхубер як рішення проблеми зникнення градієнта. Якщо попередній стан, впливає на поточне прогнозування то модель RNN може не змогти точно передбачити поточний стан. Щоб виправити це, LSTM мають «комірки» у прихованих шарах нейронної мережі, які мають три типи шлюзів – вхідний шлюз, вихідний шлюз та забутий шлюз. Ці шлюзи управляють потоком інформації, яка необхідна для прогнозування виходу в мережі.

Закриті рекурентні одиниці (GRU): Цей варіант RNN подібний до LSTM, оскільки він також працює для вирішення проблеми короткочасної пам'яті моделей RNN. Замість того, щоб використовувати «стан комірки» для регулювання інформації, він використовує приховані стани, і замість трьох шлюзів у нього є два – шлюз скидання та шлюз оновлення. Подібно до входів у

LSTM, шлюзи скидання та оновлення контролюють, скільки та яку інформацію зберігати.

2.8. Діаграми послідовностей

Для уявлення сценарію взаємодії системи з додатком в часовій послідовності було розроблено діаграми послідовностей. На діаграмах показано за допомогою вертикальних ліній об'єкти, які виконуються одночасно. Повідомлення проектується у виді горизонтальних ліній, порядок яких визначається порядком їх відправлень.

2.8.1 Діаграма послідовностей попередньої обробки кадрів

Діаграма відображає послідовність дій які виникають в процесі виконання попередньої обробки кадрів (рисунок 2.11).

При розбивці відео на кадри, на зображеннях можуть бути адаптивні шуми. Підвищення якості призведе до точнішого результату розпізнавання. Бінаризація дозволяє перетворити фрейм в зображення бінарного типу. Для того, щоб визначити межі об'єкту використовується метод виявлення країв.

Зображення отримане на попередніх кроках має зайві елементи, які впливають на точність розпізнавання. На даному етапі вся зайва інформація відкидається, але зберігається важлива структурна інформація кадру. При отриманні кадру може виникнути ситуація коли об'єкт може бути зображеним під певним кутом. Завдяки розширенню і заповненню можна виконати нормалізацію даного фрейму і коректувати кут нахилу.

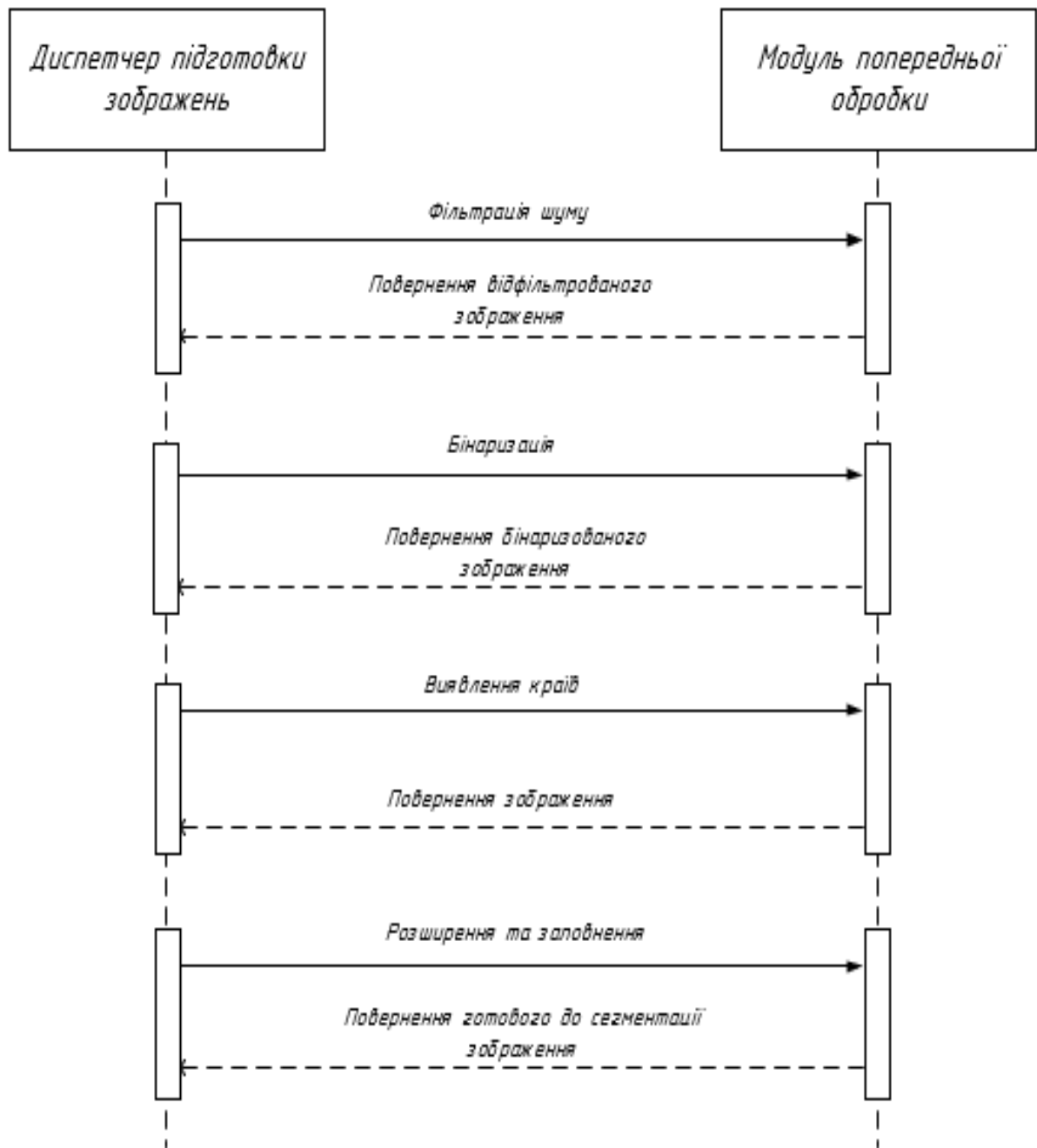


Рисунок 2.11 – Діаграма послідовностей для попередньої обробки кадрів

2.8.2 Діаграма послідовностей для сегментації зображення

У методах розпізнавання об'єктів на відео цей етап є найважливішим. Завдяки сегментації фрейми діляться на частини розмірністю $N \times N$. Завдяки чому збільшується точність виявлення об'єкту і позначення його на відео (рисунок 2.12).

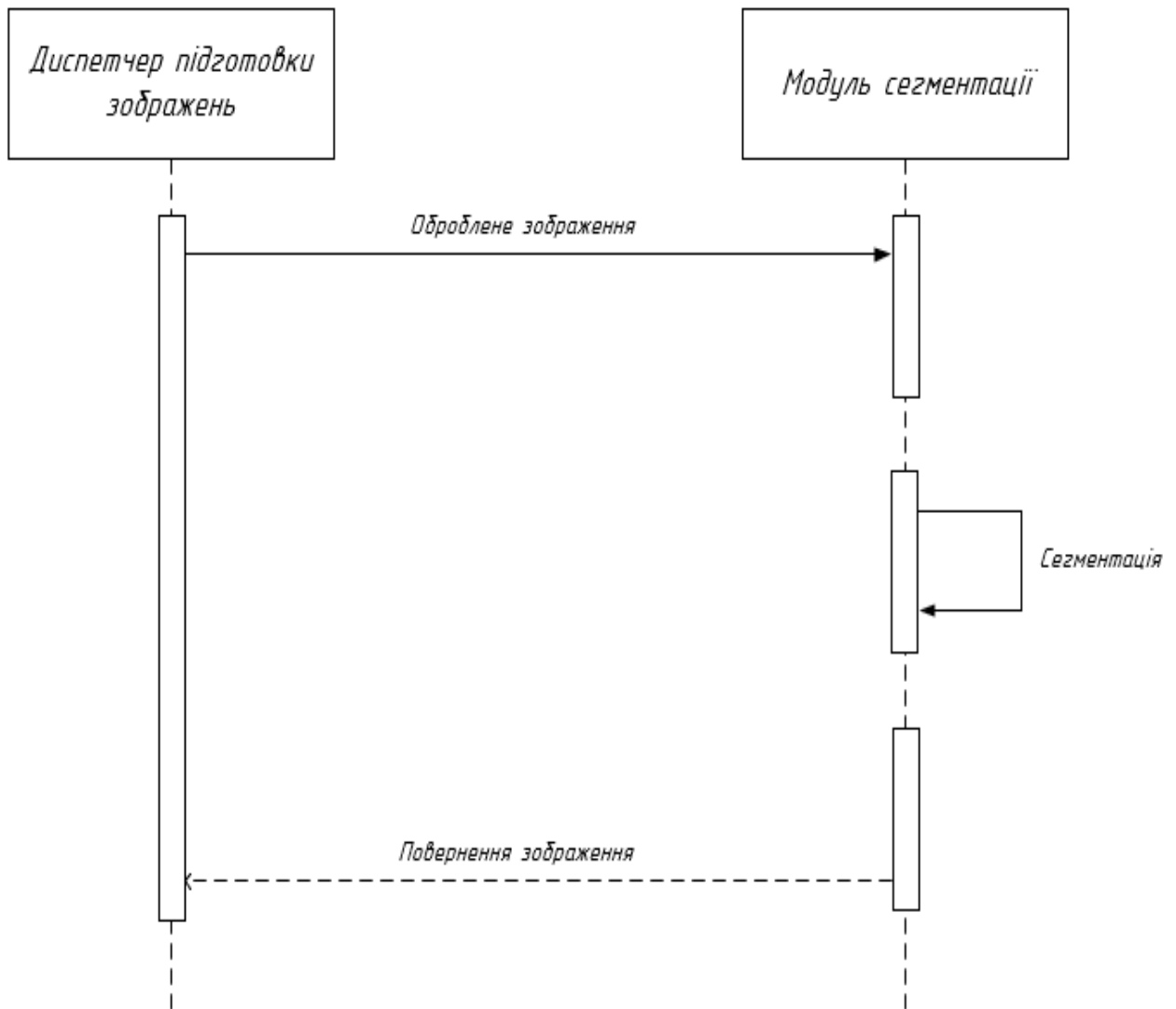


Рисунок 2.12 – Діаграма послідовностей для сегментації кадрів

2.8.3 Діаграма послідовностей для роботи з нейронною мережею

Як видно з рисунку 2.13 для того, щоб виконати навчання нейронної мережі, необхідно передати відсегментоване зображення, яке було оброблене у вище описаних пунктах. Після чого виконується навчання, після чого виконується тестування нейронної мережі і передача готового результату на пристрій.

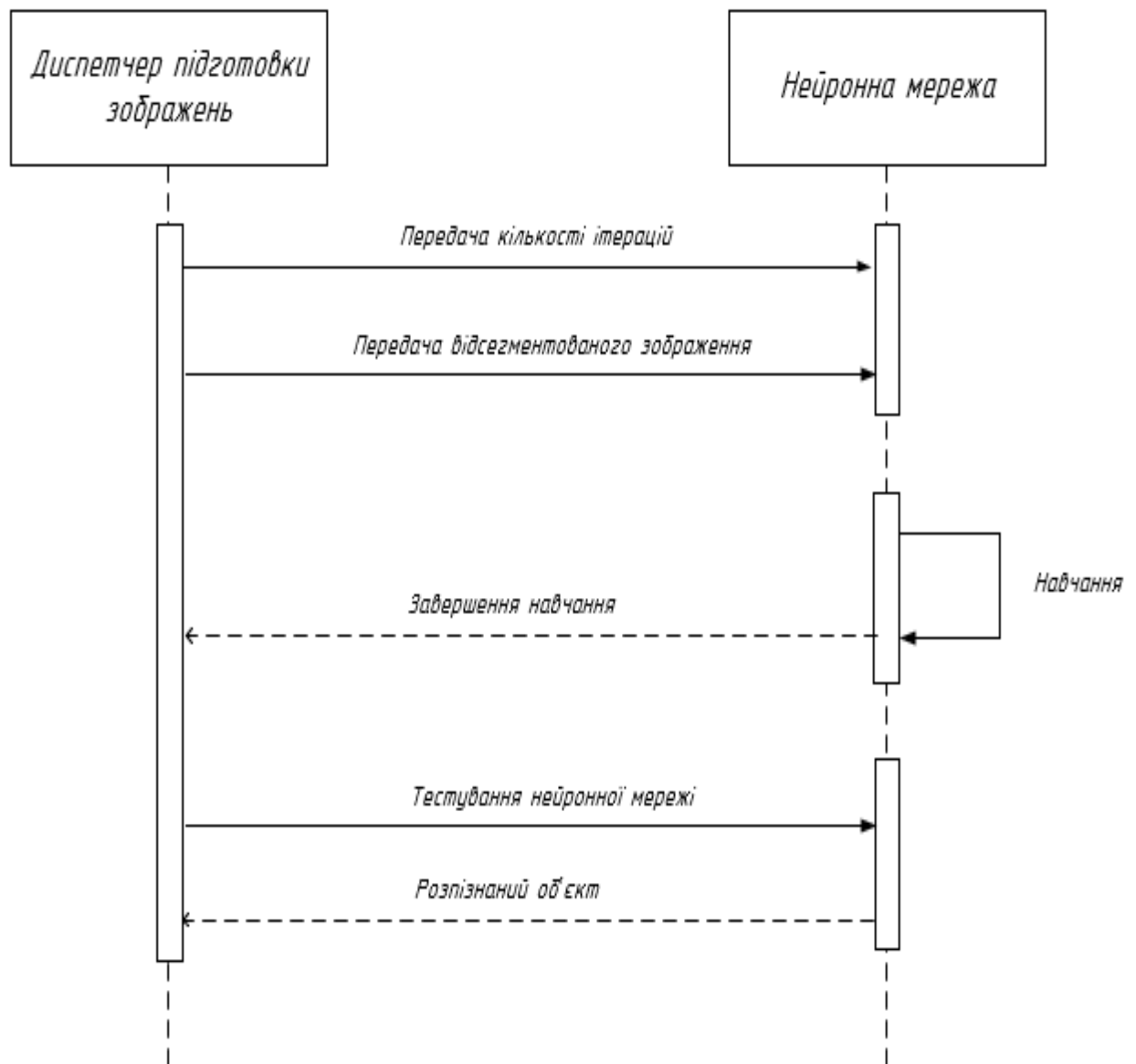


Рисунок 2.13 – Діаграма послідовностей для роботи з нейронною мережею

2.9 Висновки до розділу 2

Був проведений опис предметної області, описані основні вимоги і функції додатку та системи керування. Для загального розуміння роботи системи були розроблені структурна і функціональна схеми. Були описані детально основні елементи структурної та функціональної схеми з наведенням рисунків деяких компонентів

Для додатку були наведені основні прецеденти та виконано їх опис з можливими діями користувача і діями системи. Було виділено такі основні прецеденти:

- авторизація;
- редагування особистої інформації;
- підключення робота до додатку.

Після чого було розглянуто детальніше архітектури нейронних мереж. Виконано їх опис, з наведенням відповідних рисунків. Були описані, кроки для підготовки даних, які використовуватимуться в навчанні нейронної мережі.

Для відображення структури бази даних була розроблена концептуальна діаграма класів та описана детально її структура. Діаграма представлена у вигляді взаємозв'язку між моделями, на основі яких побудовані таблиці у базі даних.

Були розроблені і описані діаграми послідовностей для різних етапів обробки зображень, а також для процесу навчання нейронної мережі.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Вибір технологій та їх обґрунтування

3.1.1. Вибір платформи для додатку

Виходячи з цілей, які були поставлені, стає необхідним реалізувати додатки на основних платформах користувачів. З огляду найпопулярніших платформ, які зараз є на ринку, можна виділити дві основні – це Android і iOS.

Android – це операційна система (ОС), розроблена компанією Google на основі іншої операційної системи Linux [7]. Станом на 2017 рік ця операційна система є найпопулярнішою платформою з якої виходили в мережу Інтернет по цілому світу. Платформа підтримує локальну базу даних SQLite, підтримує різноманітні технології бездротового зв'язку, а саме Bluetooth, Wi-Fi, 3G, 4G, 5G, EDGE, GSM; підтримує різні кодеки для відтворення відео/аудіо файлів: MP4, JPG, MP3, GIF, PNG. Платформа розроблена мовою програмування Java, а саме це є спеціальною реалізацією Dalvik – віртуальною машиною, яка розроблена на регістрах спеціально для операційної системи Android, через це можливості ОС Linux майже не використовуються. Офіційним середовищем для розробки вважається Android Studio, яка розроблена на основі IntelliJ IDEA, середовища для написання коду на мові програмування Java.

iOS – це операційна система, яка була розроблена на основі іншої операційної системи OS X, призначена для смартфонів від компанії Apple, а саме iPhone [7]. До літа 2019 року дана система використовувалася як для смартфонів так і для планшетів компанії, а влітку 2019 року було представлено нову операційну систему, яка призначена спеціально для планшетів, під назвою iPadOS. Інтерфейс користувача являє собою концепцію прямої маніпуляції з використанням жестів Multi-Touch. Головний екран – екран з іконками програм, з можливістю об'єднання їх в теки. Екран має статус бар (панель станів) в якому відображаються час, рівень заряду, сили сигналу, стан з'єднання Wi-Fi тощо.

3.1.2. Вибір мови програмування для додатку

На даний момент існує багато мов програмування, які дають можливість створювати додатки для смартфонів. Але кожний з них призначений для певної платформи, тому є більш доцільно використовувати кросплатформні мови програмування, які будуть підтримуватися на обох операційних системах. З існуючих фреймворків, можна виділити декілька основних:

- Apache Cordova;
- Xamarin Forms;
- React Native.

Apache Cordova – це бібліотека для створення кросплатформних додатків від компанії Apache. Дана бібліотека це продовження розвитку бібліотеки PhoneGap. Бібліотека дозволяє створювати додатки, які підтримуються на платформах iOS, Android, webOS, Symbian, BlackBerry, Windows Phone, Windows 8. Створення додатків відбувається за допомогою веб-технологій, таких як: HTML5, CSS3, JavaScript.

Переваги бібліотеки Apache Cordova:

- можливість використання бібліотек написаних на мові програмування JavaScript;
- підтримка всіх платформ мобільних систем.

Недоліки:

1. представлення графічного інтерфейсу відбувається за допомогою вбудованого браузера, що в деяких моментах створює труднощі в отриманні зворотного зв'язку з додатком;
2. плагіни, які написані для цієї бібліотеки, виявляються застарілими і не працюють на нових версіях операційних систем.

Бібліотека Xamarin.Forms дозволяє створювати додатки за допомогою мови програмування C# і .Net. Додатки будуть підтримуватися як лише на певній платформі, за допомогою внутрішніх елементів розмітки, так і

мультиплатформні. За допомогою бібліотеки можна писати CustomRender, тобто доповнювати існуючі елементи розмітки додатковими властивостями.

Переваги бібліотеки Xamarin.Forms:

- використання повторно написаного коду;
- написання CustomRender для існуючих елементів;
- підтримка нативної компіляції.

Недоліки:

- виникають проблеми з боку платформи mono, monotouch і monodroid. Додаток повинен відповідати певним вимогам стабільності.

React Native – це бібліотека розроблена на основі мови програмування JS та бібліотеки для відображення веб UI-інтерфейсу – ReactJS. Можливість розробки на операційній системі Android, з'явилась доволі недавно, тому більшість елементів, які підтримуються на iOS, є не доступними.

Переваги бібліотеки React Native:

- використання одних інструментів для обох операційних систем;
- швидкість і простота розробки, при знанні мови програмування JS.

Недоліки:

- для розробки необхідні поверхневі знання нативної розробки додатків.

На основі розглянутих вище бібліотек для розробки додатку було обрано фреймворк Xamarin.Forms. Адже бібліотека побудована на мові високого рівня C#, а також вона є повністю безкоштовною і підтримує розробку додатків з використанням внутрішніх елементів розмітки.

3.1.3. Вибір мови програмування системи розпізнавання

Для розпізнавання об'єктів буде використовуватися мова програмування Python. Python є однією з найрозповсюдженіших мов програмування, яка

використовується для Data Science. Python – це мова високого рівня зі строгою типізацією, підтримує об’єктно-орієнтоване програмування [6].

Основні переваги Python:

- табуляція (для виділення окремих блоків використовуються відступи);
- можливість редагування коду іншими користувачами завдяки його відкритості;
- зручний для вирішення складних математичних задач, завдяки його вбудованим можливостям роботи з великими числами;
- базова версія має велику кількість модулів, в тому числі і для роботи з графічним інтерфейсом.

3.1.4. Вибір рішення для серверної частини

Для авторизації, реєстрації та взаємодії між мобільним додатком та сервером, який представлений у виді хмари, використаємо ще бібліотеку ASP.NET WEB API, яка має у своїй будові готові функції, які будуть використовуватися для реєстрації нового користувача, авторизації, зміни паролю тощо. На рисунку 3.1 представлено схематичну реалізацію паттерну.

Як видно зі схеми клас контролера приймає Http запит типу GET, POST, PUT, DELETE. Після отримання повідомлення запиту клас контролера виконує обробку на стороні сервера. Як тільки необхідна обробка закінчиться на стороні сервера, відповідь HTTP надсилається клієнтові класом контролера. Клієнтом може бути будь-який тип програми, починаючи від програми, яка відображається на робочому столі комп’ютера, закінчуючи веб-сторінкою і мобільним додатком.

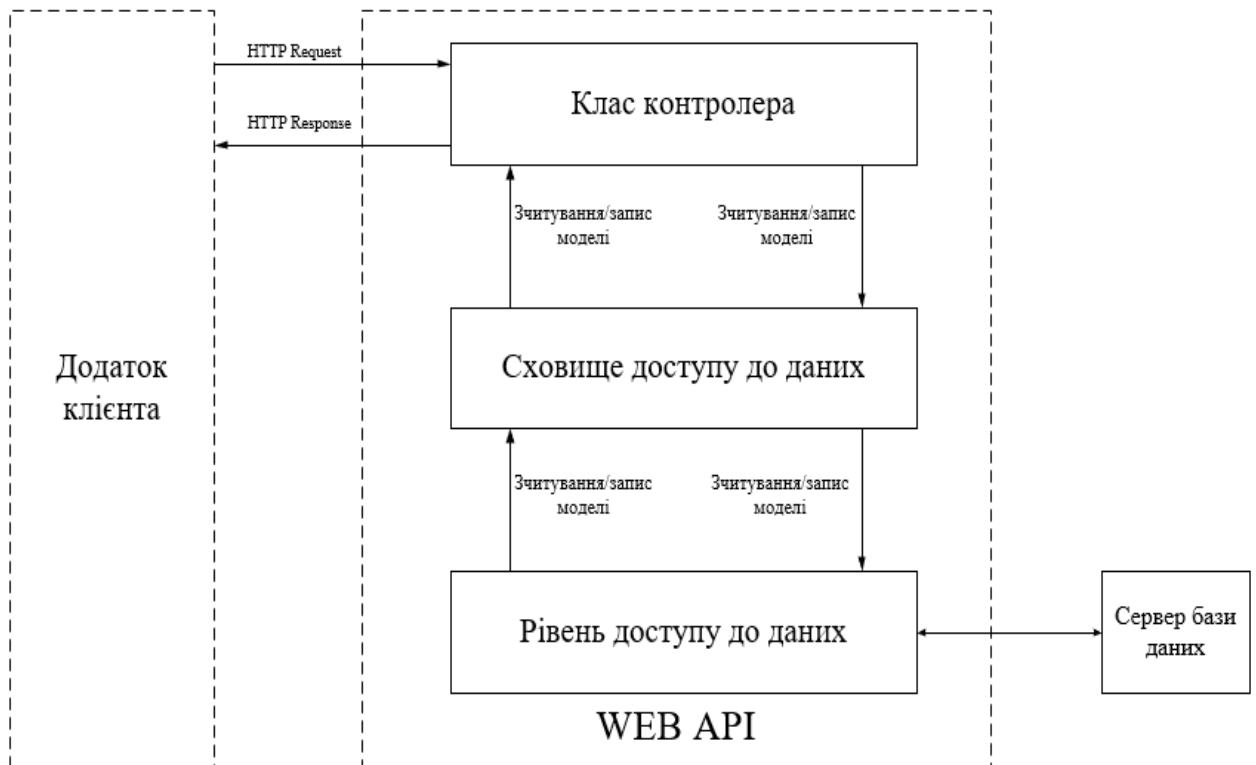


Рисунок 3.1 – Схематична реалізація ASP.NET WEB API

3.1.5. Вибір допоміжних бібліотек

Для того щоб мобільний додаток задовольняв вимоги поставленого завдання, потрібно підключити додаткові віджети, та додаткові внутрішні функції. Тому у проекті мобільного додатку були використані такі бібліотеки:

- **Ham.Plugin.Media** – для доступу додатку до камери або галереї смартфона;
- **Rg.PopupPage** – для відображення модальних вікон;
- **Newtonsoft.Json** – для перетворення моделей класів у Json формат і відправки даної строки на сервер;
- **Syncfusion.SfListView** – для відображення інформації про модель у вигляді списку, який має набагато більше функцій для перетворення зовнішнього виду, ніж звичайний стандартний елемент списку;

- Syncfusion.SfInputLayout – для можливості вводу логіна, паролю, телефонного номера, прізвища, імені. У своїй будові має багато додаткових функцій для зміни зовнішнього виду внутрішнього елементу Editor;
- Ham.Settings.Plugin – для зберігання даних у локальній пам'яті смартфона;
- Plugin.Multilingual – для здійснення можливості зміни мови додатку.

3.2. Основні рішення з реалізації додатку та його компонентів

Розробка додатку складається з таких основних частин:

- реалізація і налаштування серверної частини – REST API;
- реалізація графічного інтерфейсу додатку;
- налаштування системи для розпізнавання об'єктів.

3.2.1. Реалізація і налаштування серверної частини

Для зв'язку з базою даних, яка буде містити в собі дані про користувачів та їх підключені моделі роботів, необхідно реалізувати об'єктно-орієнтований підхід для роботи з базою даних через Entity Framework. База буде виступати в ролі моделі. EntityFramework дозволяє використовувати об'єктно-орієнтований підхід та спрощує реалізацію запитів до бази даних за допомогою LINQ. В ролі контролера будуть виступати специфічні класи, які входять в будову ASP.Net WEB API, які будуть використовувати для реєстрації, авторизації, зміни паролю.

3.2.2. Налаштування системи для розпізнавання об'єктів

В нашому варіанті система являє собою нейронну мережу, навчену розпізнавати об'єкти і класифікувати їх за категоріями. Результати обчислень

відправляються у форматі Json з полями назви класу до якої відноситься об'єкт і змінною формату Boolean з дозволом на зліт.

3.2.2.1 Набір даних для навчання нейронної мережі

Набір даних для розпізнавання об'єктів був знайдений у відкритих джерелах з вибіркою у понад мільйон зображень. Зображення поділені по класах для зручної їх класифікації. Зображення поділені по класах з певною назвою кожного з них. Кожний клас являє набір зображень об'єктів, які схожі за своєю будовою, але відрізняються кутом нахилу камери або структурою будови.

3.2.2.2 Опис нейронної мережі для розпізнавання об'єктів

Для розпізнавання об'єктів використовується нейронна мережа YOLO. Це передова мережа для розпізнавання об'єктів. Головна її перевага, яка відрізняє її від інших відомих мереж – це швидкість. Завдяки тому що швидкість розпізнавання досить велика це дозволяє розпізнавати об'єкти в реальному часі.

Всі зображення розбиваються за допомогою сітки на осередки розміром $N * N$ (рисунок 3.2). Після цього кожна клітинка відповідає за прогнозування кількох речей.

По-перше, кожна клітинка відповідає за прогнозування декількох рамок і показника впевненості (confidence) для кожної з них – іншими словами, це ймовірність того, що дана рамка містить об'єкт. Якщо в якійсь клітинці сітки об'єктів немає, то дуже важливо, щоб показник впевненості для цього осередку був дуже малим. Коли ми виконується візуалізація цих передбачень, отримується карта об'єктів і набір рамок, ранжированих за їх показником впевненості.

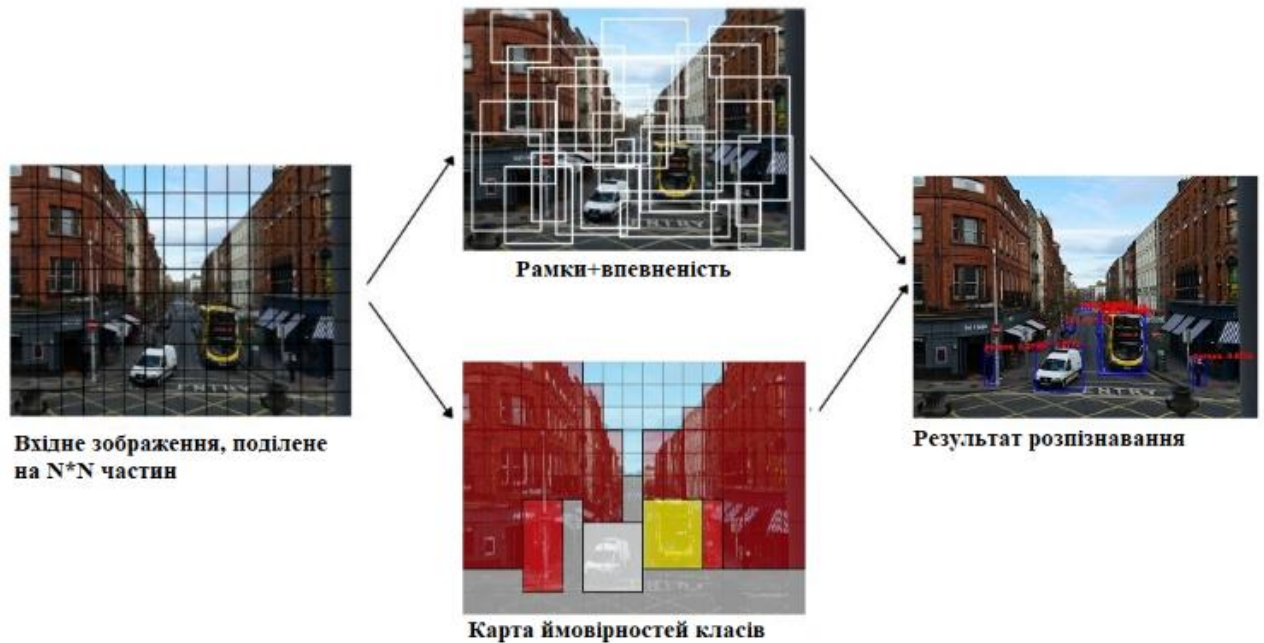


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення розпізнавання [17]

По-друге, кожна клітинка відповідає за прогнозування ймовірностей класів. Це не означає, що якийсь осередок містить якийсь об'єкт, це всього лише ймовірність. Таким чином, якщо осередок мережі пророкує автомобіль, це не означає, що він там є, але це означає, що якщо там є якийсь об'єкт, то це автомобіль [3].

У YOLO для передбачення рамок використовуються якірні рамки (anchor boxes). Їх основна ідея полягає в превизначенні двох різних рамок, які називаються якірними рамками або формою якірних рамок. Це дозволяє асоціювати два передбачення з якірними рамками [4]. Загалом, можна використовувати і більшу кількість якірних рамок (п'ять або більше).

Також для реалізації моделі мереж використовується бібліотека Tensorflow. Ця бібліотека розроблена компанією Google спеціально для машинного навчання. Вона здатна будувати і тренувати нейронні мережі для виявлення та класифікації зображень. Вона використовувалась для розпізнавання мови, знаходження обличч на фотографіях, пошуку схожих фотографій, підбору новин, відсіювання спаму в пошті. Завдяки вбудованій

можливості проведення обчислень на декількох CPU і GPU, можна створювати розподілені системи для машинного навчання. Вбудовані алгоритми розрахунків, реалізуються через графи потоків даних. Вузли в даному графі представляються у виді математичних операцій або точок входу або виходу, з'єднання вузлів представляють багатовимірні масиви (або ще їх називають тензори), які відправляються від одного графа до іншого. Особливістю даної бібліотеки є те, що вузли можуть бути прикріплені до певного обчислювального пристрою завдяки цьому можуть виконуватися асинхронно. Оброблення масивів відбувається паралельно і це дозволяє виконання одночасної роботи декількох вузлів.

3.2.2.3 Реалізація нейронної мережі

Для того щоб навчити нейронну мережу розпізнавати різноманітні об'єкти потрібно не дуже багато зусиль. Але виникає така ситуація коли потрібно розпізнати одну сходинку на сходах. В загальному випадку нейронні мережі виконують розпізнання загального об'єкту (сходи), а в системі потрібно навчити нейронну мережу розпізнавати кожну сходинку.

Сходи можна відрізнити від інших перешкод за своєю унікальною властивістю, що всі краї сходів паралельні [1]. Як показано на рисунку 3.3, сходи характеризуються ще однією особливістю, вони мають паралельні ребра, обмежені двома лініями краю або однією діагоналлю.

Структура сходів виглядає як сукупність паралельних ліній на зображеннях. Для виявлення потенційних ліній краю сходінок застосовується перетворення Хаффа [2]. Крайові точки (x_i, y_i) , утворюють лінію представлену у виді $y = ax + b$, де a кут нахилу лінії, а b це точка перетину з віссю y .

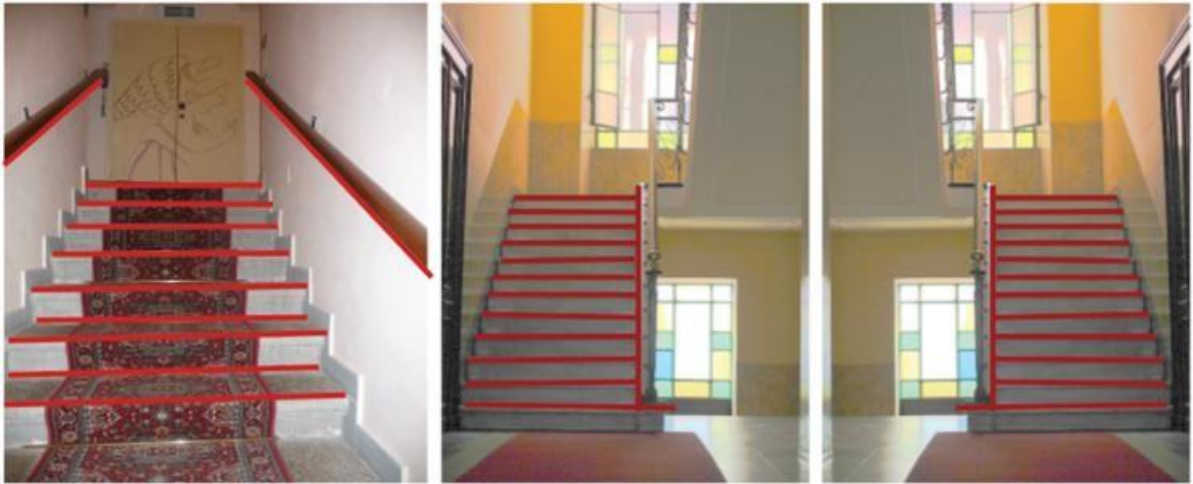


Рисунок 3.3 – Сходи з горизонтальними і діагональними лініями закінчень[2]

Для реалізації системи, щоб параметризувати набір ліній, використовується наступне рівняння:

$$r + y * \sin \theta + x * \cos \theta = 0,$$

де θ це кут нахилу лінії по відношенню до горизонту, а r це довжина лінії кінцевих точок Хаффа.

Для того, щоб оцінити відстань між камерою, сходами та розміром кожної сходинки, використовується глибинний канал. Роздільна здатність глибинних зображень становить 640*480 пікселів, а ефективний діапазон відстані – від 0,8 до 3,5 метрів. Кожне зображення глибини представлене у вигляді зображення з інтенсивністю [0, 255].

Довжина кожної потенційної сходинки обчислюється за допомогою лінійної кореляції між інтенсивністю глибини середньої точки сходинки та ефективним діапазоном відстані камери. Трикутники на графіку пунктирної лінії описують сходинки, виявлені нагорі, а п'ятикутники на лінії позначають вниз. Як показано на рисунку 3.4, нагорі демонструється більша зміна відстані між сходинками порівняно з низом. Сходи нагору також більш помітні, ніж сходи вниз.

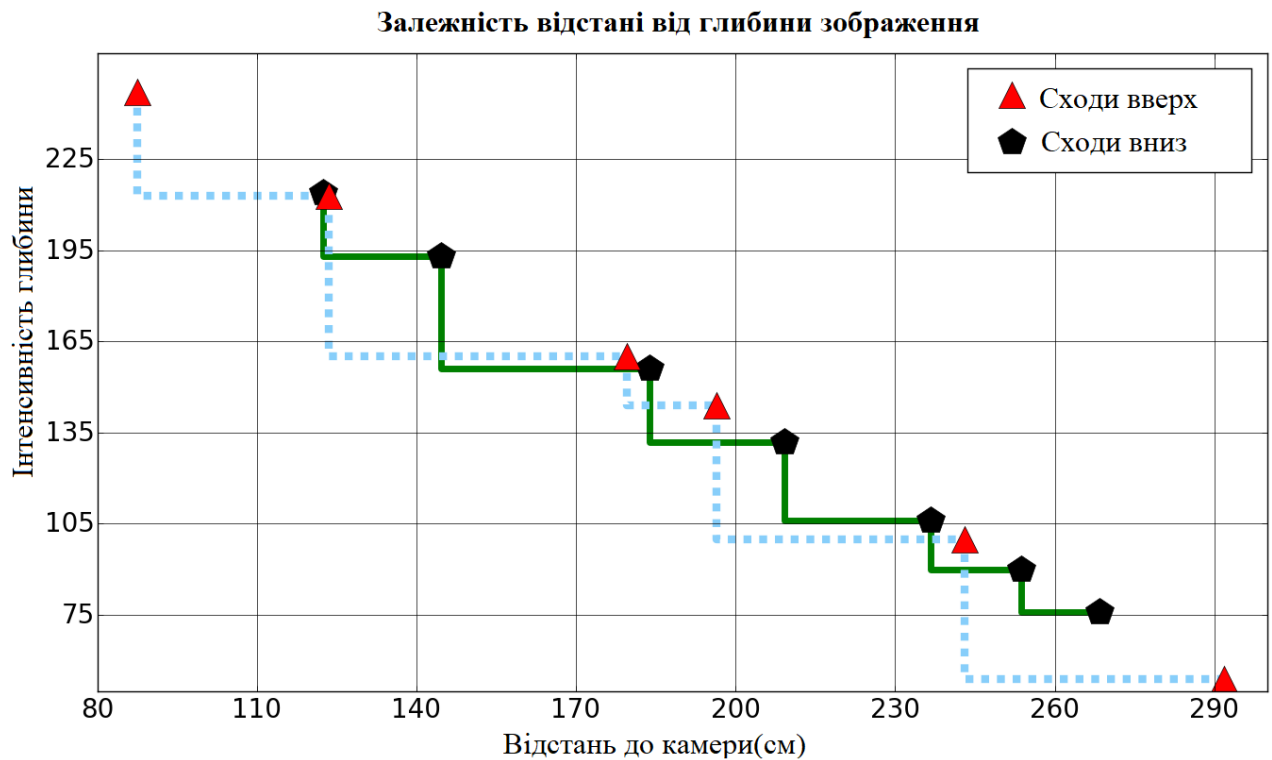


Рисунок 3.4 – Залежність відстані від глибини зображення [2]

Різниця у відстані між найближчим та найдальшим кроком обчислюється по початковій кількості кадрів. Загальна середня різниця використовується як контрольне значення для виявлення в майбутніх кадрах.

Використовуючи це контрольне значення, виявлення можна вдосконалити за рахунок зменшення будь-якого шуму, що створюється поза діапазоном відстані сходів. У реалізації загальний діапазон контрольних значень різних сходів коливається від 100 см до 300 см, але ніколи не перевищує порогу в 330 см.

3.2.2.4 Опис програмного коду реалізації нейронної мережі

Для реалізації нейронної мережі потрібно перш за все підключити необхідні бібліотеки. На рисунку 3.5 зображено підключення YOLOv3 до проекту і імпорту необхідних бібліотек:

```

import cv2
import numpy as np
import tensorflow as tf

from absl import logging
from itertools import repeat

from tensorflow.keras import Model
from tensorflow.keras.layers import Add, Concatenate, Lambda
from tensorflow.keras.layers import Conv2D, Input, LeakyReLU
from tensorflow.keras.layers import MaxPool2D, UpSampling2D, ZeroPadding2D
from tensorflow.keras.regularizers import l2
from tensorflow.keras.losses import binary_crossentropy
from tensorflow.keras.losses import sparse_categorical_crossentropy

```

Рисунок 3.5 – Імпорт бібліотек

Далі необхідно оголосити декілька важливих змінних, які будуть використовуватися нижче в проєкті (рисунок 3.6).

```

yolo_iou_threshold = 0.6 # поріг перетину щодо об'єднання (iou)
yolo_score_threshold = 0.6

weightsyolov3 = 'yolov3.weights' # шлях до файлу ваг
weights= 'checkpoints/yolov3.tf' # шлях до файлу checkpoint'ів
size= 416 # приводимо зображення до цього розміру
checkpoints = 'checkpoints/yolov3.tf'
num_classes = 80

```

Рисунок 3.6 – Оголошення змінних

Далі наведена функція завантаження ваг для моделі (рисунок 3.7).

```

def load_darknet_weights(model, weights_file):
    wf = open(weights_file, 'rb')
    major, minor, revision, seen, _ = np.fromfile(wf, dtype=np.int32, count=5)
    layers = YOLO_V3_LAYERS

    for layer_name in layers:
        sub_model = model.get_layer(layer_name)
        for i, layer in enumerate(sub_model.layers):
            if not layer.name.startswith('conv2d'):
                continue

```



```

batch_norm = None
if i + 1 < len(sub_model.layers) and \
    sub_model.layers[i + 1].name.startswith('batch_norm'):
    batch_norm = sub_model.layers[i + 1]

logging.info("{} / {} {}".format(
    sub_model.name, layer.name, 'bn' if batch_norm else 'bias'))

filters = layer.filters
size = layer.kernel_size[0]
in_dim = layer.input_shape[-1]

if batch_norm is None:
    conv_bias = np.fromfile(wf, dtype=np.float32, count=filters)
else:
    bn_weights = np.fromfile(
        wf, dtype=np.float32, count=4 * filters)

    bn_weights = bn_weights.reshape((4, filters))[[1, 0, 2, 3]]

conv_shape = (filters, in_dim, size, size)
conv_weights = np.fromfile(
    wf, dtype=np.float32, count=np.product(conv_shape))

conv_weights = conv_weights.reshape(
    conv_shape).transpose([2, 3, 1, 0])

if batch_norm is None:
    layer.set_weights([conv_weights, conv_bias])
else:
    layer.set_weights([conv_weights])
    batch_norm.set_weights(bn_weights)

assert len(wf.read()) == 0, 'не вдалось прочитати всі дані'
wf.close()

```

Рисунок 3.7 – Завантаження ваг для моделі

Далі необхідно написати функцію для розрахунку перетину щодо об'єднання (IoU) (рисунок 3.8).

```

def interval_overlap(interval_1, interval_2):
    x1, x2 = interval_1
    x3, x4 = interval_2
    if x3 < x1:
        return 0 if x4 < x1 else (min(x2, x4) - x1)
    else:
        return 0 if x2 < x3 else (min(x2, x4) - x3)

```

```
def intersectionOverUnion(box1, box2):
    intersect_w = interval_overlap([box1.xmin, box1.xmax], [box2.xmin, box2.xmax])
    intersect_h = interval_overlap([box1.ymin, box1.ymax], [box2.ymin, box2.ymax])
    intersect_area = intersect_w * intersect_h

    w1, h1 = box1.xmax-box1.xmin, box1.ymax-box1.ymin
    w2, h2 = box2.xmax-box2.xmin, box2.ymax-box2.ymin

    union_area = w1*h1 + w2*h2 - intersect_area
    return float(intersect_area) / union_area
```

Рисунок 3.8 – Розрахунок IoU

Далі приведена основна функція, що створює вихідну модель, яка вийшла в процесі навчання нейронною мережею.

```
def YoloV3(size=None, channels=3, anchors=yolo_anchors,
          masks=yolo_anchor_masks, classes=80, training=False):
    x = inputs = Input([size, size, channels])

    x_36, x_61, x = Darknet(name='yolo_darknet')(x)

    x = YoloConv(512, name='yolo_conv_0')(x)
    output_0 = YoloOutput(512, len(masks[0]), classes, name='yolo_output_0')(x)

    x = YoloConv(256, name='yolo_conv_1')((x, x_61))
    output_1 = YoloOutput(256, len(masks[1]), classes, name='yolo_output_1')(x)

    x = YoloConv(128, name='yolo_conv_2')((x, x_36))
    output_2 = YoloOutput(128, len(masks[2]), classes, name='yolo_output_2')(x)

    if training:
        return Model(inputs, (output_0, output_1, output_2), name='yolov3')

    boxes_0 = Lambda(lambda x: yolo_boxes(x, anchors[masks[0]], classes),
                     name='yolo_boxes_0')(output_0)
    boxes_1 = Lambda(lambda x: yolo_boxes(x, anchors[masks[1]], classes),
                     name='yolo_boxes_1')(output_1)
    boxes_2 = Lambda(lambda x: yolo_boxes(x, anchors[masks[2]], classes),
                     name='yolo_boxes_2')(output_2)

    outputs = Lambda(lambda x: nonMaximumSuppression(x, anchors, masks, classes),
                     name='nonMaximumSuppression')((boxes_0[:3], boxes_1[:3], boxes_2[:3]))

    return Model(inputs, outputs, name='yolov3')
```

Рисунок 3.9 – Створення вихідної моделі мережі

Головна перевага архітектури YOLO це розпізнавання об'єктів з високою швидкістю. Це відбувається настільки швидко, що вона встигає обробляти всі

кадри які поступають з камери. Далі наведений фрагмент коду, який дозволяє підключити розпізнавання з камери.

```
cap = cv2.VideoCapture(0)

while(True):
    # Capture frame-by-frame
    ret, frame = cap.read()

    # Our operations on the frame come here
    #img = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    img = tf.expand_dims(frame, 0)
    img = preprocess_image(img, size)
    boxes, scores, classes, nums = yolo(img) #eager mode
    img = draw_outputs(frame, (boxes, scores, classes, nums), class_names)

    # Display the resulting frame
    cv2.imshow('frame',img)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# When everything done, release the capture
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Рисунок 3.10 – Підключення підтримки камери

Розпізнавання об’єктів на відео відбувається за допомогою поділення відео на окремі кадри, або ще їх називають фреймами. А далі ці кадри дають змогу розпізнавати відео, як звичайні фотографії.

3.2.2.5 Навчання нейронної мережі

Таблиця з результатами навчання нейронної мережі показує продуктивність роботи на наборі даних виявлення об’єктів.

Таблиця 3.1 – Результати обчислень моделі

Номер ітерації	Середня точність (%)	Точність	Повторний виклик	Оцінка F1	Середній IoU (%)	Час, необхідний для тестування (секунди)
1000	80.38	0.82	0.72	0.77	55.37	2
2000	77.92	0.91	0.84	0.88	65.04	2
3000	90.27	0.94	0.88	0.91	70.58	2
4000	90.59	0.96	0.93	0.95	70.58	2
5000	89.34	0.93	0.90	0.91	68.23	2
6000	88.26	0.93	0.88	0.90	68.39	1
7000	89.24	0.88	0.90	0.89	63.89	1
8000	88.21	0.93	0.90	0.91	67.35	1
9000	89.43	0.94	0.88	0.91	68.40	1
10000	87.25	0.93	0.88	0.90	68.05	1

Як видно з таблиці була досягнута середня точність майже 91%.

3.2.3. Реалізація графічного інтерфейсу мобільного додатку

Відповідно до спроектованого дизайну у додатку реалізовано сторінки, які виконують функціонал, зазначений в умовах до проекту. На рисунку 3.11 представлено сторінку реєстрації користувача.

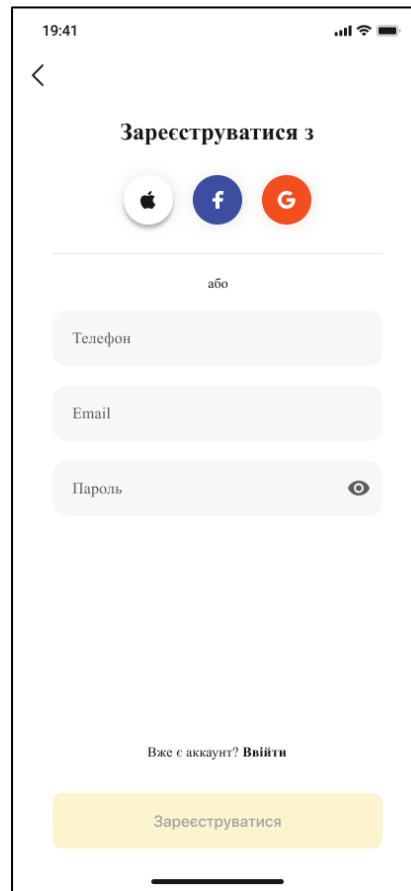


Рисунок 3.11 – Реєстрація нового користувача

На рисунку 3.12 зображено сторінку авторизації, де вводиться логін, що являє собою номер телефону або email, і пароль.

З сторінки авторизації можна потрапити на сторінку для відновлення паролю. На рисунку 3.13 зображено сторінку «Забули пароль». На сторінці вводиться електронна адреса і на цю адресу приходять лист з скиданням паролю.

На рисунку 3.14 зображена сторінка зміни інформації користувача. На сторінці користувач має змогу змінити ім'я, прізвище, номер телефону, електронну адресу. Для зміни паролю користувач натискає на рядок «пароль», після чого відкривається сторінка для зміни паролю (рисунок 3.15).

На рисунку 3.16 зображено приклад розпізнавання об'єкту за допомогою камери і показано чи можливе виконання взльоту на об'єкт.

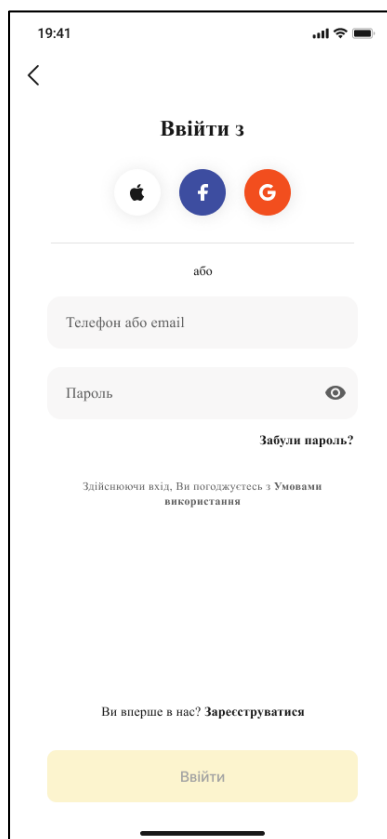


Рисунок 3.12 – Авторизація користувача

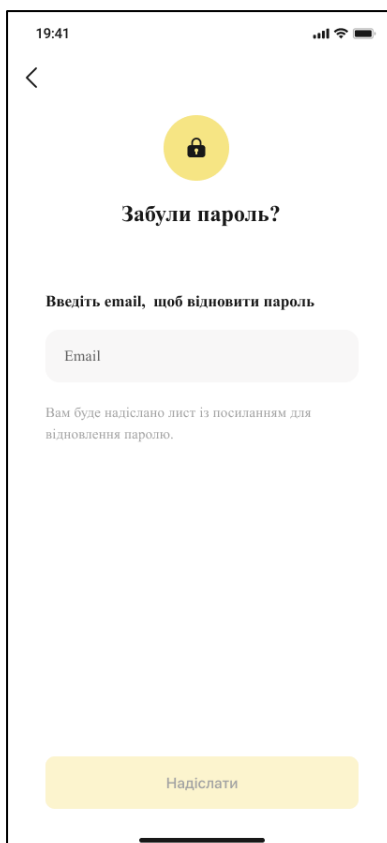
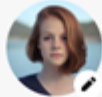


Рисунок 3.13 – Сторінка «Забули пароль»

19:41

< Персональні дані



Ім'я Анна

Прізвище Ліщинська

Номер телефону +38 (012) 345-67-89

Email @gmail.com

Пароль ***** >

Зберегти

Рисунок 3.14 – Сторінка редагування особистої інформації

< Зміна паролю

Поточний пароль

Ваш поточний пароль

Пароль має містити не менше 8 символів, включаючи велику літеру та цифру

Забули пароль?

Новий пароль

Зберегти

Q W E R T Y U I O P

A S D F G H J K L

↑ Z X C V B N M <X>

123 space Go

😊 🎤

Рисунок 3.15 – Сторінка зміни паролю

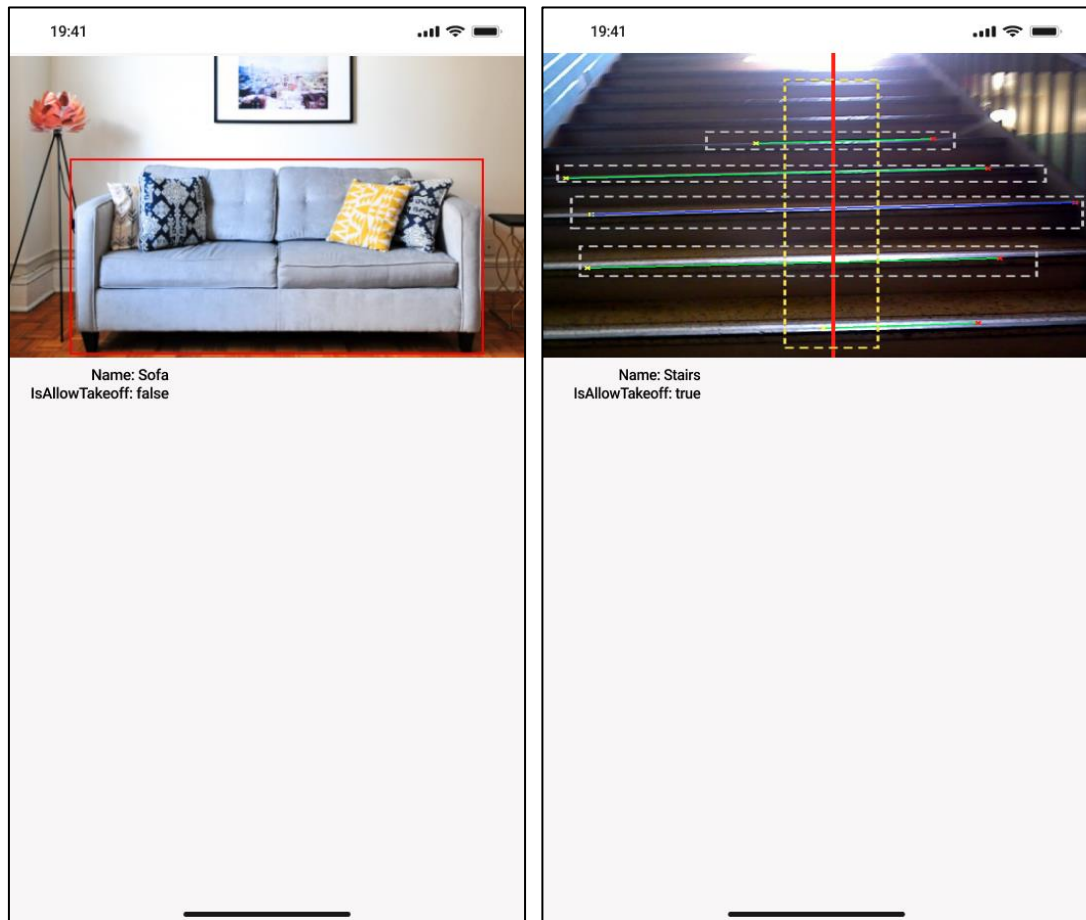


Рисунок 3.16 – Сторінка розпізнавання об’єктів

3.3 Висновки до розділу 3

В розділі були визначені платформи для яких розроблений додаток керування системою. Були виділено переваги і недоліки бібліотек, які використовуються для розробки кросплатформених додатків. Було вирішено для розробки додатку використовувати бібліотеку Xamarin.Forms. Мовою для написання серверної частини додатку було обрано C#. Мовою для написання нейронної мережі було обрано Python. Python завдяки легкій читабельності і великій кількості функцій, які ідуть в базовій версії, дозволяє просте використання розробникам нейронних мереж.

Було розглянуто паттерн RestApi, який дозволяє відправляти повідомлення між сервером і додатком смартфона. Для розробки додатку були розглянуті додаткові бібліотеки, які дозволяють персоналізувати деякі графічні

і не тільки елементи. Для навчання нейронної мережі використовується бібліотека TensorFlow, яка дозволяє виконання роботи з зображеннями і відео файлами.

Були наведені фрагменти програмного коду, який був написаний в процесі навчання нейронної мережі. Також був наведений фрагмент, який дозволяє здійснити підключення відео до нейронної мережі. Результати навчання нейронної мережі були представлені у таблиці 3.1 і як видно з їх значень, точність складає майже 91%.

Також був розроблений графічний інтерфейс додатку і наведенні відповідні рисунки з відображенням різноманітних сторінок, а також результатом обчислень нейронної мережі.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1. Опис ідеї проекту

Ідея літаючого робота-пилососа є доволі новою, яка постійно розвивається у зв'язку з дедалі більшим розвитком галузі робототехніки. В п. 1.2. були розглянуті приклади найбільш популярних роботів-пилососів, які вийшли на ринок та є конкурентоспроможними, але у кожна є по-своєму характерною та зосереджена на певну аудиторію користувачів в певних регіонах. Розроблений програмний продукт призначений для усунення недоліків вже існуючих систем, який дає змогу максимально спростити взаємодію робота з навколишнім середовищем за допомогою різноманітних датчиків і мобільного додатку. На цьому етапі розроблювана система може виступати як конкурентоспроможна система, яка здатна вийти на ринок, але тільки після проведеного аналізу всіх потенційних ризиків та ринкових особливостей. Для цього необхідно описати план розвитку, виділити основні ідеї, які можна втілити в даному продукті та скласти план-стратегію поступового розширення сервісу.

В рамках магістерської дисертації можна реалізувати мобільний додаток, який буде напряму взаємодіяти з роботом та показувати обчислювальні дані на екрані смартфона.

За основу розробки стартап-проекту було взято систему для розпізнавання об'єктів, яка складає алгоритм подальших кроків робота. Зміст запропонованої ідеї проекту, можливі напрямки її застосування, а також основні вигоди, що може отримати користувач за кожним напрямком застосування, представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
	Вибір режиму прибирання	Можливість обрати користувачеві режим, а також час початку прибирання.
	Отримання даних з датчиків, які входять до будови робота	Спрощення алгоритму прибирання згідно отриманих даних, а також проектування наступних кроків робота
	Переліт робота перешкод, які зустрічаються на його шляху завдяки розпізнаванню об'єктів	Прибирання в місцях, які не доступні звичайному роботу, що дозволяє зекономити час на перенесення робота в інше місце

Для складання порівняльного аналізу виділені наступні роботи-пилососи:

- Xiaomi RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max (тому що охоплює найбільшу аудиторію користувачів у світі);
- Samsung VR05R5050WK/EV (тому що робот має велику кількість програм прибирання);
- ECOVACS DEEBOT OZMO 950 (здатний долати висоту перешкод до 20мм).

Аналіз представлений у вигляді таблиці 4.2. Номер робота-конкурента у таблиці відповідає порядковому номеру, списку вище.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Мій проект	Конкуренти			W	N	S
			1	2	3			
1	Керування роботом через мобільний додаток	+	+	+	+		+	
2	Розпізнавання об'єктів з отриманих даних датчиків	+	-	-	-			+
3	Переліт об'єктів за допомогою об'єктів	+	-	-	-			+
4	Наявність режиму вологого прибирання	-	+	+	+	+		

На основі даної таблиці можна скласти перші оцінки щодо конкурентоспроможності стартап-проекту. Варто зазначити, що основною перевагою розроблюваного продукту є розпізнавання об'єктів та їх переліт. Слід врахувати основний недолік розроблюваної системи – відсутність режиму вологого прибирання, та доробити систему у майбутньому.

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Для реалізації стартап-проекту досліджено технології, за якими можна створити продукт, та переконатися у їх доступності. Аудит технології представлений у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
1		Розпізнавання об'єктів за допомогою датчиків і веб-камери	Потребує доробки	Доступні безкоштовно
2		Бібліотека створення мобільного крос платформного додатку	Є в наявності	Доступні безкоштовно

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: розробка мобільного додатку за допомогою фреймворку Xamarin, власна розробка взаємодії між роботом та додатком смартфона мовою C#. Система розпізнавання об'єктів представлена мовою програмування Python.

4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, що мають змогу зашкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та

пропозицій проектів-конкурентів. В таблиці 4.4 наведена попередня характеристика потенційного ринку для розроблюваного стартап-проекту.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	>10
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	В сфері систем керувань роботів ринок знаходиться на етапі стрімкого зростання
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Обмежений вибір виробників, які можуть розробляти системи з підтримкою розпізнавання об'єктів
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Стандартизацією в сфері роботів займається міжнародна федерація робототехніки
5	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	62%

На основі побудованої таблиці можна конкретизувати наступні пункти:

- для входу на ринок компанія повинна пред'явити всі необхідні документи, що стосуються використання персональних даних користувачів, політики конфіденційності згідно чинного законодавства країни/регіону входження;
- сервіс відповідає стандартам оформлення мобільних додатків відповідно до технічних та юридичних вимог найпопулярніших онлайн-крамниць додатків (Google Play, App Store тощо), а виготовлення роботів відбувається під нормами міжнародної асоціації роботів;

- середня норма рентабельності по ринку вираховується як відношення середнього річного доходу до вартості першочергових інвестицій, що показує, що ринок є достатньо привабливим для входження.

Сформуємо основні користувацькі аудиторії, на які буде розрахований розроблювальна система. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту представлена у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Бізнес продажу роботів-пилососів, система керування яких є автоматизованою	Люди, які хочуть покращити етап прибирання кімнати, за допомогою роботів	Кількість потенційних під'єднаних користувачів до системи та технічні характеристики роботів	Простота і легкість під'єднання смартфона до системи, можливість власноруч встановлювати режим прибирання

На основі характеристики потенційних цільових аудиторій користувачів існують загрози, які можуть негативно вплинути на діяльність сервісу та потенційну втрату клієнтів. Аналіз фактори загроз представлений у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Вихід на ринок роботів-конкурентів	Існування великої кількості схожих за функціоналом продуктів, які можуть переманити клієнтську аудиторію на свій бік	Зворотній зв'язок з клієнтами на основі їх відгуків та побажань, постійне розширення функціоналу та можливостей системи
2	Невеликий функціонал для початкової версії продукту	Через відсутність більшості функцій у початковій версії додатку існує велика ймовірність провалу у приманюванні клієнтів та складність їх залучення у майбутньому	Розробка більшості основних функцій системи для початкової версії з втратою у часі, але у виграві з клієнтами та прибутком
3	Фінансовий	Збільшення цін на обладнання та технічне обслуговування за рахунок глобальної економічної кризи	Перерахунок витрат, перемовини з інвесторами, скорочення витрат

Проведений аналіз факторів можливостей представлений у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Унікальність	Сервіс має функції яких немає у аналогів, що дозволяє охопити більшу клієнтську базу	Поступова розробка нових функцій
2	Залучення інвестицій	Склавши чіткий бізнес-план, можна залучити інвесторів, що дозволить розширити штат і прискорити розробку системи	Збільшити штат, прискорити розробку системи

Для того, щоб зрозуміти, наскільки буде конкурентоспроможним розроблювана система на ринку, необхідно охарактеризувати особливості конкуренції. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку представлений у таблицях 4.8 – 4.9.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції - олігополія	На поточний момент присутні великомасштабні компанії, які можуть з легкістю задавити конкурентів	Близька співпраця з цільовою аудиторією, постійне контактування, швидка реакція на прохання та відгуки

2. За рівнем конкурентної боротьби - міжнародна	Враховуючи те, що у більшості країн роботи-пилососи стали невід'ємними помічниками в домашніх справах є доцільним відразу виходити на міжнаціональний рівень	Адаптація продукту для різних регіонів, універсалізація.
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Конкуренція проявляється у сфері робототехніки	Створення унікальних умов для споживачів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між виробниками робіт, які керуються додатком	Додавання нових функцій, які дозволяють бути конкурентоспроможними
5. За характером конкурентних переваг - нецінова	Надходження на ринок продукції більш високої якості та з новими функціями	Розробка найбільш якісного та продукту з новим функціоналом для поставлених задач
6. За інтенсивністю - марочна	Марка розробленого продукту, скоріш за все, буде достатньо значною, оскільки створюється бренд, який буде розповсюджуватися по різних країнах	Рекламна кампанія з розповсюдженням назви та логотипу бренду.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти в галузі	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Xiaomi, Samsung та інші	Невідомо, оскільки конкуренція на даний момент не є високою	TensorFlow	Люди, які хочуть покращити етап прибирання кімнати, за допомогою роботів	Дороблення функціоналу наявних моделей
Висновки	Конкуренти мають певний досвід у створенні необхідного функціоналу	Конкуренція зростатиме, на ринку з'являться нові пропозиції	Це компанія-розробник ПЗ за допомогою якого можна розпізнавати об'єкти	Більшість клієнтів ще не долучилися до ринку та хочуть полегшити своє буття	Потенційні запитання про цінову політику та функц. можливості

На основі отриманих вище таблиць можна дійти до висновку, що вихід на ринок даного проекту цілком можливий за рахунок малої кількості конкурентів, але необхідно прискорювати процес виходу через розвиток даної галузі.

Фактори конкурентоспроможності базуються на аналізі конкуренції, проведеного в таблиці 4.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 4.2), вимог споживачів до товару (таблиця 4.5) та факторів

маркетингового середовища(таблиці 4.6., 4.7.). Аналіз факторів конкурентоспроможності наведений у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Розпізнавання об'єктів за допомогою датчиків і камери	На відміну від існуючих рішень це дасть змогу роботам самим оцінювати висоту перешкод і виконувати їх переліт. Завдяки цьому фактору кількість користувачів може вирости у рази
2	Переліт перешкод за допомогою пропелерів	Всі оглянуті готові рішення не дають змоги виконати переліт. Завдяки даним отриманим з датчиків дана система стає повністю автономною

Порівняльна характеристика сильних та слабких сторін розроблюваного стартап-проекту представлена у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з розроблюваним продуктом						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Розпізнавання об'єктів за допомогою датчиків і камери	18	✓						
2	Переліт перешкод за допомогою	18	✓						

	пропелерів								
--	------------	--	--	--	--	--	--	--	--

SWOT-аналіз представлений у вигляді таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Розпізнавання об'єктів за допомогою датчиків і камери – Переліт перешкод за допомогою пропелерів 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Слабке фінансове забезпечення – Можливі затримки з розпізнаванням у зв'язку зі слабким з'єднанням з інтернетом – Маловідомість
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Пряме партнерство з великими компаніями-постачальниками комплектуючих – Інтеграція системи в популярні роботи-пилососи 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Вихід на ринок сервісів-конкурентів з можливою втратою долі клієнтів – Можливі фінансові коливання, що впливає на вартість комплектуючих

Аналіз альтернатив з точки зору строків виконання та ймовірності отримання ресурсів представлений у таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Пошук компаній-партнерів	Середня, так як існує багато компаній, які також бажають вийти на ринок і при правильному	6 місяців – 1 рік

		підході компанія-партнер візьме на себе розробку та підтримку частини функціоналу, що пришвидшить вихід на ринок	
2	Популяризація продукту через міжнародні конференції, виставки, рекламу тощо	Висока, оскільки таким чином можна знайти потенційних інвесторів та постачальників комплектуючих	До 1 року

З проведеного аналізу було обрано альтернативу популяризації продукту через міжнародні конференції, виставки, рекламні інтеграції через високу ймовірність та найбільш стислі строки реалізації. Але для реалізації даної альтернативи потрібно залучати необхідні інвестиції.

4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Для визначення стратегії охоплення ринку наведено опис цільових груп потенційних клієнтів, що представлений у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних клієнтів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність клієнтів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Користувачі роботів-	Готові сприйняти	Найбільш за всіх зацікавлені	Конкуренція середня	Простий

	пилососів, які хочуть зробити оновлення моделі	негайно	в продукті		
2	Приватні компанії-власники готових моделей роботів	Не готові одразу без узгодження юридичних деталей	Продукт необхідний лише за вигідних фінансових умов	Конкуренція низька	Складний
<p>Які цільові групи обрано:</p> <p>Потрібно працювати зі всіма цільовими групами, але перевагу надати спочатку користувачам роботів, потім приватним компаніям.</p>					

На основі обраних цільових груп ринку, було прийнято рішення про концентрацію на працю зі всіма групами ринку. Для цього ринку пропонується стандартизована програма, включаючи характеристики роботи сервісу. Тим самим проект зосереджений на стратегії охоплення ринку – масовий маркетинг.

Наступним кроком формується базова стратегія розвитку для роботи в обраних сегментах ринку (в нашому випадку береться весь ринок). Базова стратегія розвитку представлена у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції	Базова стратегія розвитку
---	--------------------------------------	---------------------------	--------------------------------------	---------------------------

			відповідно до обраної альтернативи	
1	Розвиток шляхом маркетингових програм, рекламної кампанії та публічної демонстрації можливостей продукту	Постійний вплив на обрані цільові групи в пріоритетному порядку перспективності кожної групи	Рекламні зображення, відеоролики в інтернет-ресурсах, рекламні інтеграції з відомими блогерами, запровадження програми лояльності	Стратегія диференціації

Стратегія конкурентної поведінки представлена у таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№	Чи є проект «першо-прохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Проект є «першо-	Буде шукати нових	Компанія буде	Фронтальний

	прохідцем»	споживачів, тому що на поточний момент кількість власників роботів-пилососів у світі достатньо мала, а з роками дана кількість буде тільки зростати	копіювати основні характеристики товару, але з доробленням ідеї з розпізнаванням об'єктів і перельотом перешкод	наступ
--	------------	---	---	--------

Стратегія позиціонування стартап-проекту представлена у таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Швидке виправлення проблем, врахування відгуків, універсальність функціоналу	Стратегія диференціації	Оперативне виправлення недоліків та впровадження побажань	Виконання прибирання, розпізнавання об'єктів, переліт перешкод

В результаті проведених аналізів можна дійти до висновку, що узгоджена система рішень, яка визначатиме напрями діяльності стартап-компанії на ринку, буде спрямована на всі сектори ринку, обираючи стратегію масового маркетингу, за базову стратегію розвитку взято за основу стратегію диференціації, а за основу конкурентної поведінки – стратегію фронтального наступу.

4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

В нашому випадку товаром виступає робот-пилосос з можливістю розпізнавати об'єкти та виконувати переліт перешкод, а також мобільний додаток, через який можна вибирати режим прибирання. Аналіз основних переваг концепції потенційного товару представлений у таблиці 4.18.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Простота керуванні роботом	За допомогою системи взаємодії «Моб. додаток -> Система керування роботом» клієнту для початку роботи необхідно вибрати режим прибирання	Користувачу не потрібно турбуватися про інструкцію для керування роботом, тому що вона буде складатися лише з 2 кроків: з'єднанням робота зі смартфоном і вибору режиму прибирання.
2	Необхідність розпізнавання об'єктів кімнати	За допомогою зв'язку датчиків з системою, робот може	Обрахунок даних відбувається за допомогою хмарних обчислень, що у рази

		розпізнавати об'єкти кімнати	пришвидшує процес розпізнавання
3	Переліт перешкод	Робот за допомогою пропелерів виконує переліт перешкод, які зустрічаються на його шляху	Переліт виконується на основі обчислень отриманих з хмари

Опис ідеї моделі продукту та його послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання представлений у таблиці 4.19.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система керування літаючим роботом-пилососом, з обчисленням даних за допомогою хмарних обчислень, керування роботом відбувається за допомогою мобільного додатку		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	Розпізнавання об'єктів	Нм	Тх
	Обчислення даних за допомогою хмарних обчислень	Нм	Тх
	Переліт перешкод	Нм	Тх
	Якість: логування всіх дій сервісу		

	Пакування: продукт у вигляді робота пилососа з розробленою системою розпізнавання, а також додатком для зв'язком з роботом
	Марка: назва організації-розробника + назва товару
	До продажу: програмний код, серверне налаштування
	Після продажу: мобільний додаток для платформ Android та iOS у онлайн-магазинах
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: прив'язка додатку до пристрою користування, встановлення персонального ідентифікатору	

Аналіз встановлення меж ціни на товар представлений у таблиці 4.20.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі становлення ціни на товар/послугу
1	5000 – 15000 грн за одиницю товару	0 грн(через те, що на ринку поки не існує аналогів)	25000-30000 грн/міс	17000 грн за одну модель робота

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Договір про гарантійне обслуговування робіт	Зворотній зв'язок та технічна підтримка. Аналіз використання сервісу та швидке реагування на випадкові неочікувані ситуації. Ремонт робіт, у разі повного виходу робота зі строю – заміна його на новий	10% (через різноманітні інтернет- магазини)	Вертикальна

Згідно з таблицею 4.21 було обрано традиційну вертикальну систему збуту продукту за участю інтернет-магазинів.

Концепція маркетингових комунікацій представлена у таблиці 4.22.

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Користуються продуктом за потреби	Соціальні мережі, інтернет-ресурси, виставки	Прибирання кімнати за допомогою робота-пилососа з можливістю розпізнавання об'єктів і перельоту перешкод	Пошук закордонних інвестицій, інформування в ЗМІ, а також у інтернет-ресурсах, інтеграції з блогерами	Даний продукт є інноваційним, розумним та незвичним.

4.6 Висновки до розділу 4

В розділі були описані основні ідеї стартап-проекту, визначені напрямки застосування та вигоди для користувача. Був проведений аналіз техніко-економічних переваг ідеї та виконаний порівняльний аналіз між популярними моделями роботів. Були визначені сильні, слабкі та нейтральні характеристики ідеї продукту.

Був виконаний технічний аудит ідеї продукту в ході чого була обрана технологія для реалізації ідеї продукту. Також був проведений аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту, наведена попередня характеристика потенційного ринку. Була наведена характеристика потенційних клієнтів

стартап-проекту, де було описано потребу, що формує ринок, цільову аудиторію, відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів та вимоги споживачів до товару. Після чого були описані фактори загроз з можливою реакцією компанії на цю загрозу. Були описані фактори можливостей, був представлений ступеневий аналіз конкуренції на ринку, де описані особливості конкурентного середовища та вплив на діяльність підприємства.

Була проведена порівняльна характеристика сильних та слабких сторін розроблюваного стартап-проекту, та проведений SWOT-аналіз стартап-проекту. Також була проведена ринкова стратегія проекту, з описом простоти входу у сегмент, готовністю клієнтів сприйняти продукт.

Була сформована маркетингова концепція товару, який отримує споживач, визначені ключові переваги перед конкурентами, сформовано систему збуту з описом глибини збуту та оптимальною системою збуту.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації розроблена система керування літаючим роботом пілососом.

В першому розділі був проведений аналіз ринку роботів-пілососів. Були описані їх характеристики, визначені їх переваги і недоліки. На основі цього були виділені основні критерії, які потрібно виконати під час проектування власного рішення.

В другому розділі були розроблені і описані структурна і функціональна схеми. Визначені основні функції для системи керування. Потім були описані основні функції додатку, за допомогою якого можна вибрати режим прибирання і з'єднуватись з роботом. Було розроблена і описана концептуальна діаграма класів бази даних. Була розроблена діаграма прецедентів додатку з описом основних прецедентів. Для розуміння поведінки системи були покроково описані дії користувача в певних умовах і відповідь системи на такі дії. Для загального розуміння архітектури нейронних мереж, була описана архітектура перцептрона та рекурентних нейронних мереж. Були розроблені діаграми послідовностей для покращення зображення, яке розпізнається для роботи нейронної мережі.

В третьому розділі був виконаний огляд і вибір мов програмування, які використовуються для розроблення програмного продукту. Було вирішено для написання додатку використовувати бібліотеку Xamarin.Forms, яка дозволяє розробляти кросплатформні додатки. Для реалізації серверної частини використовується мова C#, яка завдяки вбудованим бібліотекам дозволяє реалізувати процеси авторизації, реєстрації, зміни паролю. Були вибрані допоміжні бібліотеки, які використовувалися в процесі створення додатку. Також було описано нейронну мережу, яка була реалізована. Мережа розроблена за допомогою бібліотеки TensorFlow, яка дозволяє виконувати операції розпізнавання і класифікації зображень по класам. Були наведені фрагменти програмного продукту, в яких виконується реалізація нейронної

мережі. Було наведена таблиця в якій представлені результати навчання мережі і досягнуто точності розпізнавання в 91%. Також в цьому розділі був реалізований додаток і наведенні відповідні рисунки з екранами і результатом роботи нейронної мережі.

В четвертому розділі були описані основні ідеї стартап-проекту, визначені напрямки застосування та вигоди для користувача. Був проведений аналіз техніко-економічних переваг ідеї та виконаний порівняльний аналіз між популярними моделями роботів. Були визначені сильні, слабкі та нейтральні характеристики ідеї продукту.

Був виконаний технічний аудит ідеї продукту в ході чого була обрана технологія для реалізації ідеї продукту. Також був проведений аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту, наведена попередня характеристика потенційного ринку. Була наведена характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту, де було описано потребу, що формує ринок, цільову аудиторію, відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів та вимоги споживачів до товару. Після чого були описані фактори загроз з можливою реакцією компанії на цю загрозу. Були описані фактори можливостей, був представлений ступеневий аналіз конкуренції на ринку, де описані особливості конкурентного середовища та вплив на діяльність підприємства.

Була проведена порівняльна характеристика сильних та слабких сторін розроблюваного стартап-проекту, та проведений SWOT-аналіз стартап-проекту. Також була проведена ринкова стратегія проекту, з описом простоти входу у сегмент, готовністю клієнтів сприйняти продукт.

Була сформована маркетингова концепція товару, який отримує споживач, визначені ключові переваги перед конкурентами, сформовано систему збуту з описом глибини збуту та оптимальною системою збуту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S. Oßwald, A. Hornung, and M. Bennewitz, “Improved proposals for highly accurate localization using range and vision data,” In IROS – 2012 С. 76-87
2. S. Wang, H. Pan, C. Zhang, and Y. Tian, “RGB-D image-based detection of stairs, pedestrian crosswalks and traffic signs,” JVCIR, - 2014 С. 15-19.
3. Harold W. Kuhn, “The hungarian method for the assignment problem,” Naval Research Logistics Quarterly, vol. 2, pp. – 1955 С. 83–97.
4. Young Hoon Lee, Tung-Sing Leung, and G. Medioni, “Real-time staircase detection from a wearable stereo system,” in 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), - Nov 2012, С. 3770–3773.
5. Хуршудов, А.А. Визуальный трекинг объектов для обучения локальным признакам / А.А. Хуршудов, В.Н. Марков // Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации: Сборник научных статей III Международной научно-практической конференции. — 2015. — С. 67–71.
6. Python [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs.python.org/3/>.
7. Android vs iOS [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ixbt.com/news/2018/02/24/ios-android-99-9.html>.
8. Перцептрон [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD>.
9. Перцептрон [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD>.
10. Робот-пилосос XIAOMI RoboRock Vacuum Cleaner S5 Max White [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://il.foxtrot.com.ua/product/MediumImages/6547737_2.jpg

- 11.Робот-пилосос Samsung VR05R5050WK/EV [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://i1.foxtrot.com.ua/product/MediumImages/6536300_0.jpg
- 12.Робот-пилосос ROWENTA RR7455WH [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://i1.foxtrot.com.ua/product/MediumImages/6571342_1.jpg
- 13.Робот-пилосос ECOVACS DEEBOT OZMO 950 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://i8.rozetka.ua/goods/14172768/ecovacs_deebot_ozmo_950_black_images_14172768536.jpg
- 14.Робот-пилосос ANKER Eufy RoboVac G10 Hybrid [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://i2.rozetka.ua/goods/19808333/anker_eufy_robovac_g10_hybrid_black_images_19808333347.jpg
- 15.Перцептрон [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Perceptron-ukr_phys.JPG
- 16.Recurrent Neural Networks [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ibm.com/cloud/learn/recurrent-neural-networks>
- 17.Распознавание объектов с помощью YOLO v3 на Tensorflow 2.0 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://proglib.io/p/raspoznavanie-obektov-s-pomoshchyu-yolo-v3-na-tensorflow-2-0-2020-11-08>
18. UART [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/UART>
19. UART – Последовательный интерфейс передачи данных [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://voltiq.ru/wiki/uart-interface/>
- 20.Работа с UART интерфейсом [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://cxem.net/mc/mc129.php>